Administración Moderna de Mantenimiento

Lourival Tavares

Revisores Técnicos:
Ing. Jose Manrique Castro
Ing. Edgard Bernal Muñoz



Novo Polo Publicações - Brasil

Administración Moderna de Mantenimiento

Lourival Augusto Tavares
Ingeniero Electricista



PRESENTACIÓN

Lourival Tavares omite presentaciones: una de las mayores autoridades, en Brasil, en Ingeniería de Mantenimiento y un pionero en la utilización de herramientas de informática aplicadas a esa importante actividad.

Su nuevo libro nos enseña como aplicar en nuestro cotidiano las más modernas prácticas de mantenimiento, aumentando disponibilidad y productividad sin perder de vista el tornar económico las operaciones.

Al fin de cuentas, hoy día vivimos en un proceso de globalización que nos afecta a todos: economías abiertas y concurrencia en un nivel nunca visto presionan para bajo los precios de los productos finales, al mismo tiempo en que los costos - principalmente el financiero - sacrifican los volúmenes de ventas y las márgenes de lucro.

En estos nuevos tiempos, actividades como el Mantenimiento deben ser repensadas y redireccionadas, de manera a contribuir para los resultados de la empresa. No tiene más sentido mantener las plantas operando a la máxima capacidad, mismo que con altos costos de mano de obra y de capital. Hay que asegurar, sí, al área operacional una capacidad productiva compatible con la demanda y a un costo que no sacrifique el precio final del producto - y consecuentemente su competitividad en el mercado - o el margen de lucro de la empresa.

Para que esos objetivos sean alcanzados, es fundamental el papel de los sistemas informatizados de gestión del mantenimiento, que agregan funcionalidad, tecnología simplificando procesos, a costos cada vez más competitivos.

Nada más oportuno, así, que la Datastream - líder mundial en soluciones de mantenimiento - celebre el inicio de sus operaciones propias en Brasil colaborando con la publicación de este prestigioso libro.
Paulo Sachs.

ACERCA DEL AUTOR

Lourival Augusto Tavares es Ingeniero Electricista, formado por la Escuela de Ingeniería de la Universidad Federal de Rio de Janeiro, en 1967.

Durante 23 años trabajó en FURNAS - Centrales Eléctricas S.A., donde, junto a otras actividades, fue Supervisor de Mantenimiento implantando y coordinando el Control de Mantenimiento por Computadora en todas las Usinas Hidroeléctricas de la empresa.

Fue Jefe de la Asesoría Técnica de Apoyo de la Itaipu Binacional, que administraba toda la logística de la Superintendencia de Operación y Mantenimiento, teniendo, además de otras responsabilidades, la coordinación del Sistema de Informaciones Gerenciales de esa Superintendencia.

Ha publicado varios trabajos en revistas técnicas especializadas sobre Electrotécnica, Capacitación y principalmente Planificación y Control de Mantenimiento, además de los libros Control y Mantenimiento por Computadora (1ª edición en 1986) y Excelencia en el Mantenimiento (1ª edición en 1996).

Presidente del Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento.

Fue Director nacional de la ABRAMAN (Asociación Brasileña de Mantenimiento) por dos mandatos.

Coordinador General e Instructor del Curso de Pos Grado "Ingeniería de Mantenimiento" promovido por la Escuela de Ingeniería de la Universidad Federal de Rio de Janeiro.

Reconocido como "notorio saber" en el ámbito de mantenimiento por la Universidad Federal de Rio de Janeiro y por la Universidad Federal de Paraíba.

CONTENIDO

PREFACIO

Es para mi un gran honor prologar este libro del Ingeniero y Amigo Lourival Tavarez. Creo que poca gente en nuestra región de América Latina ha trabajado tanto para mejorar la gestión de mantenimiento, como lo ha hecho Lourival, en los últimos años. Por algo su nombre es reconocido en muchos países que he tenido el gusto de visitar.

El hecho que él pueda escribir y editar este, su segundo libro, nos debería llenar de satisfacción, porque no es frecuente que se pueda encontrar literatura gerencial en la materia de esta calidad. Debemos lamentar que Lourival no haya escrito mas libros, que aunque sé que material no le falta, muchas veces el medio no ha ayudado a conseguir los auspicios como para que los mismos tengan la posibilidad de ser editados y consecuentemente leídos por la gente de mantenimiento.

Difícil tarea la de hablar del área de mantenimiento, sin caer en convencionalismos, sin hablar de temas ya discutidos en eventos. Todos sabemos lo crítico de la tarea, lo mal reconocido en una gran cantidad de los casos, y los grandes esfuerzos que muchas veces de manera individual deben hacer los ingenieros y técnicos abocados a esta tarea, para mejorarla con mínimas herramientas de management.

El material de Lourival nos introduce al mundo de la mejora de la gestión de mantenimiento. El mismo término “mantenimiento” es de por sí un contrasentido con la mejora. Mantener significa perdurar, continuar en las mismas condiciones, soportar en condiciones iguales operativas, finalmente “conservar”. Sin embargo, todos tenemos la conciencia que mantener es mucho más que eso y que solo quienes trabajan en la mejora continua, pueden lograr que sus empresas sean rentables y eficientes.

Mejorar (concebido en estos términos) las condiciones de los equipos y componentes de la empresa es parte sustancial de la tarea de cualquier profesional del área de mantenimiento.

Muchas veces se confunde el mejoramiento con recuperar terreno perdido, es decir, empezar ahora a hacer lo que no se ha hecho antes. Pues bien, en este caso, volvemos al viejo concepto de “mantener” y de “conservar” y obviamente estamos muy lejos de mejorar.

Mejorar implica hacer mejor lo que antes hacíamos bien. Y este camino nunca tiene final, siempre habrá áreas o elementos a corregir, siempre habrá nuevos desafíos a asumir, siempre habrá nuevas técnicas a explorar.

Porque si los ingenieros de producción se hubieran quedado en el estupendo método Ford de fabricación de principios de siglo, nunca hubieran podido llegar a la cadena de suministros y menos al “just in time”. Solo la mejora continua y el apoyo adecuado de la tecnología, permitió que las cosas hayan cambiado tan dramáticamente en las empresas manufactureras, como lo han hecho en los últimos años.

¿Y mantenimiento?. ¿Ha cambiado el mantenimiento en los últimos años?. Todo indica que las mejoras producidas por la introducción de tecnología aplicada al área (nuevos métodos y técnicas, instrumental electrónico, computadoras, etc.), ha producido un salto importante en la calidad de las reparaciones y especialmente en la prevención de los problemas en las empresas. Consecuentemente se ha visto una reconsideración del rol del mantenedor en la escala jerárquica de las empresas modernas.

Hoy el gerente de mantenimiento es integrante del staff de planeamiento, de las comisiones de calidad y de muchas de las decisiones estratégicas de las empresas. Sin un buen mantenimiento, no hubiera habido “just in time”, ni calidad total, ni improductividad 0, ni ISO 9000, ni cadena de logística, etc., etc.

Que personalidades como Lourival tengan la posibilidad de disertar en numerosos congresos y eventos, y más aún, que puedan publicar sus trabajos, como el caso de este libro, lleva a pensar que el camino de la mejora es el que ha emprendido la gran mayoría de las empresas. Y las que no, se están quedando en el camino.
Una palabra final sobre este libro. Aprovechar su contenido será siempre útil para el lector, aún para aquel que haya escuchado alguna vez estos conceptos. Y yo estoy seguro que Lourival, aceptará gustoso los comentarios y sugerencias, que podrán mejorar futuras ediciones. E incentivemos a Lourival a que elabore otros trabajos como el presente.

Dispongámonos, pues a disfrutar de este valioso material.

Carlos G. Pallotti
Director General América Latina
Datastream System Inc.

AGRADECIMIENTOS

Esta edición en español tiene por detrás tres ingenieros del mayor prestigio, que creyeran en mi trabajo:

Carlos Pallotti
José Manrique de Castro
Edgard Bernal Muñoz

Pallotti por su apoyo a través del auspicio para garantizar todo el trabajo de traducción básica, composición, editoración e impresión además de la difusión en países de lengua hispanica.

Manique con su minucioso trabajo de análisis del texto evitando errores de concepto, ortografía y gramática. Sin duda esta versión en español esta mas correcto do que las dos primeras ediciones en portugués por el labor y atención de este brillante revisor.

Muñoz con su trabajo de igual grado en la segunda revisión todavía encontrando detalles de composición para corregir.

Si, con esta obra estoy contribuyendo para la comunidad de mantenimiento de lengua hispánica, los logros deben ser igualmente distribuidos a eses grandes y dedicados amigos.

De esta forma dedico este libro
A Pallotti, por el auspicio
A Manrique y Bernal por el auxilio en la revisión
A mi esposa Ilka, a los hijos y a los nietos
A mi padre (in memorian) y a mi madre
A Stella (in memorian)

A todos los ingenieros citados en las referencia bibliográficas
y a todos los profesionales de mantenimiento que leyeren esta obra.

L. A. Tavares

CAPITULO 1

¿ Por qué el Mantenimiento es un Centro de Ingresos?

1.1. La evolución organizacional del mantenimiento

Hasta la década de 1 980 la industria de la mayoría de los países occidentales tenía un objetivo bien definido: obtener el máximo de rentabilidad para una inversión dada. Sin embargo, con la penetración de la industria oriental en el mercado occidental, el consumidor pasó a ser considerado un elemento importante en las adquisiciones, o sea, exigir la calidad de los productos y los servicios suministrados, y esta demanda hizo que las empresas considerasen este factor, "calidad", como una necesidad para mantenersen competitivas, especialmente en el mercado internacional.

Esta exigencia no se debe atribuir exclusivamente a los asiáticos, ya que en 1975, la Organización de las Naciones Unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como Producción = Operación + Mantenimiento(1), donde al segundo factor de este binomio, pueden ser atribuidas las siguientes responsabilidades:

- Reducción del tiempo de paralización de los equipos que afectan la operación;
- Reparación, en tiempo oportuno, de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios;
- Garantía de funcionamiento de las instalaciones, de manera que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos.

La historia del mantenimiento acompaña el desarrollo técnico industrial de la humanidad. A fines del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo grupo de operación.

Con la llegada de la Primera Guerra Mundial y con la implantación de la producción en serie, instituida por Ford(2), las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y como consecuencia de ésto, sintieron la necesidad de formar equipos que pudiesen efectuar reparaciones en máquinas en servicio en el menor tiempo posible. Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocido como "Mantenimiento Correctivo". De este modo, los organigramas de las empresas presentaban la posición del mantenimiento como indica la Figura 1.

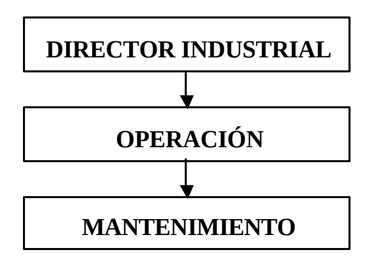


Figura 1 - Posición del Mantenimiento hasta la década de 1 930

Esta situación se mantuvo hasta la década de 1 930, cuando, en función de la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de aumentar la rapidez de producción, la alta administración pasó a preocuparse, no solamente de corregir fallas sino también de evitar que las mismas ocurriesen, razón por la cual el personal técnico de mantenimiento pasó a desarrollar el proceso de Prevención de averías que, juntamente con la Corrección, completaban el cuadro general de Mantenimiento, formando una estructura tan importante como la de Operación, siendo el organigrama resultante, el representado en la Figura 2.

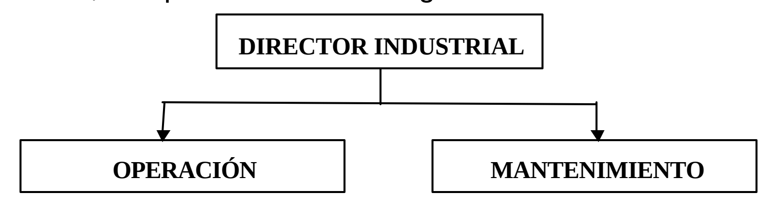


Figura 2 - Posición del Mantenimiento en las décadas de 1 930 y 1 940

Alrededor del año 1950, con el desarrollo de la industria para satisfacer los esfuerzos de la posguerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los Gerentes de Mantenimiento observaron que, en muchos casos, el tiempo empleado para diagnosticar las fallas era mayor que el tiempo empleado en la ejecución de la reparación(3) (Figura 3), y seleccionaron grupos de especialistas para conformar un órgano asesor que se llamó Ingeniería de Mantenimiento y recibió las funciones de planificar y controlar el mantenimiento preventivo analizando causas y efectos de las averías, los organigramas se subdividieron como se indica en la Figura 4.

Tiempos de Diagnóstico y Reparación de Equipos de acuerdo con su naturaleza constructiva		
NATURALEZA	***DIAGNÓSTICO***	***REPARACIÓN***
Mecánico	**10%**	**90%**
Hidráulico	**20%**	**80%**
Eléctrico	**60%**	**40%**
Electrónico	**90%**	**10%**

Figura 3 - Tiempos de diagnóstico y reparación según su naturaleza constructiva

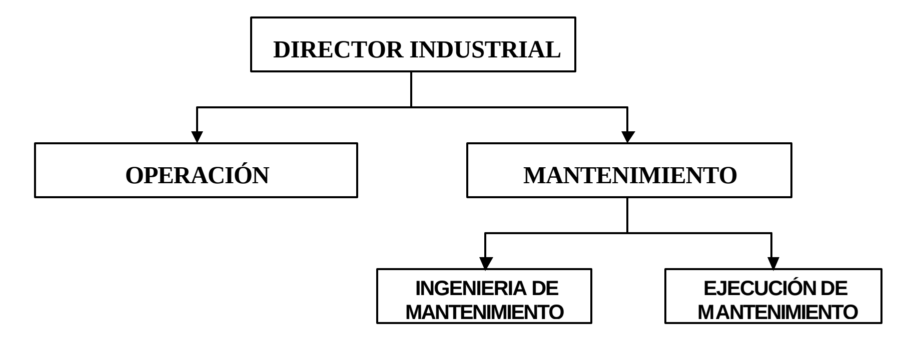


Figura 4 - División organizacional del mantenimiento

A partir de 1966, con la difusión de las computadoras, el fortalecimiento de las Asociaciones Nacionales de Mantenimiento, creadas al final del periodo anterior y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la Ingeniería de Mantenimiento pasó a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, con el objetivo de optimizar el desempeño de los grupos de ejecución del mantenimiento.

Esos criterios, conocidos como Mantenimiento Predictivo o Previsivo, fueron asociados a métodos de planificación y control de mantenimiento automatizados, reduciendo las tareas burocráticas de los ejecutantes del mantenimiento. Estas actividades ocasionaron el desmembramiento de la Ingeniería de Mantenimiento, que pasó a tener dos equipos: el de estudios de fallas crónicas y el de PCM - Planificación y Control del Mantenimiento, este último con la finalidad de desarrollar, implementar y analizar los resultados de los Sistemas Automatizados de Mantenimiento, como es ilustrado en la Figura 5.

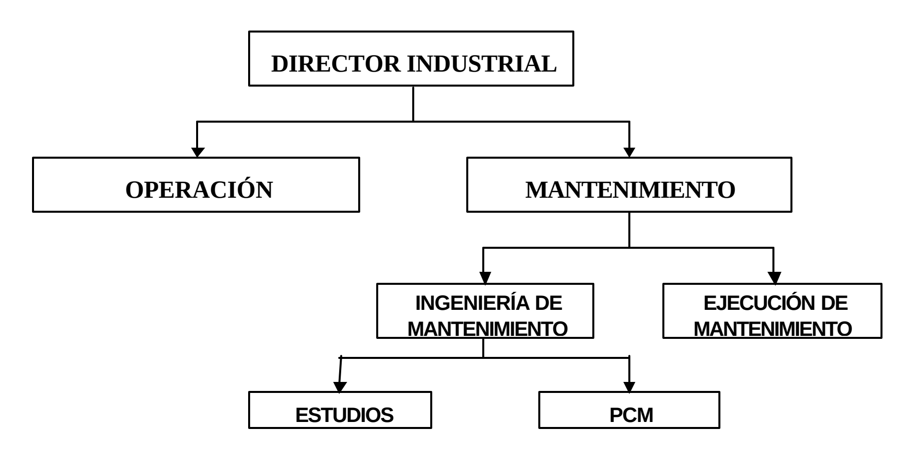


Figura 5 - Subdivisión de la Ingeniería de Mantenimiento en área de Estudios y PCM

A partir de 1980, con el desarrollo de las computadoras personales a costos reducidos y lenguaje simple, los órganos de mantenimiento pasaron a desarrollar y procesar sus propios programas, eliminando los inconvenientes de la dependencia de disponibilidad humana y de equipos, para atender las prioridades de procesamiento de la información a través de una computadora central, además de las dificultades de comunicación en la transmisión de sus necesidades hacia el analista de sistemas, no siempre familiarizado con el área de mantenimiento.

Sin embargo, es recomendable que esas computadoras sean asociadas a una red, posibilitando que su información quede disponible para los demás órganos de la empresa y viceversa. En ciertas empresas esta actividad se volvió tan importante que el PCM - Planificación y Control del Mantenimiento, pasó a convertirse en un órgano de asesoramiento a la supervisión general de producción (Figura 6), ya que influye también en el área de operación.

En este final de siglo, con las exigencias de incremento de la calidad de los productos y servicios, hechas por los consumidores, el mantenimiento pasó a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos, en un grado de importancia equivalente a lo que se venía practicando en operación.

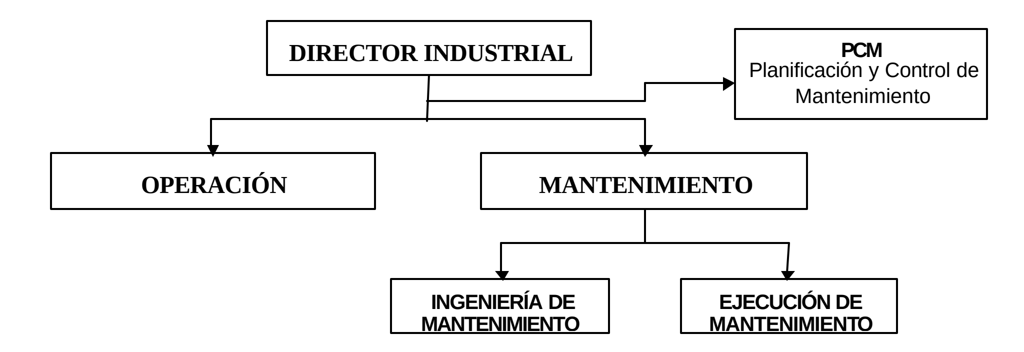


Figura 6 - Posición del PCM asesorando la supervisión general de producción

Estas etapas evolutivas del Mantenimiento Industrial se caracterizaron por la Reducción de Costos y por la Garantía de la Calidad (a través de la confiabilidad y la productividad de los equipos) y Cumplimiento de los tiempos de ejecución (a través de la disponibilidad de los equipos).

Los profesionales de mantenimiento pasaron a ser más exigidos, en la atención adecuada de sus clientes, o sea, los equipos, obras o instalaciones, quedando claro que las tareas que desempeñan, se manifiestan como impacto directo o indirecto en el producto o servicio que la empresa ofrece a sus clientes. La organización corporativa es vista, hoy en día, como una cadena con varios eslabones donde, evidentemente, el mantenimiento es uno de los de mayor importancia, en los resultados de la empresa.

Por otro lado el mantenimiento también tiene sus proveedores, o sea: los contratistas que ejecutan algunas de sus tareas, el área de materiales que abastece los repuestos y material de uso común, el área de compras que adquiere materiales y nuevos equipos etc.; siendo todos ellos importantes para que el cliente final de la empresa se sienta bien atendido - Figura 7[4].

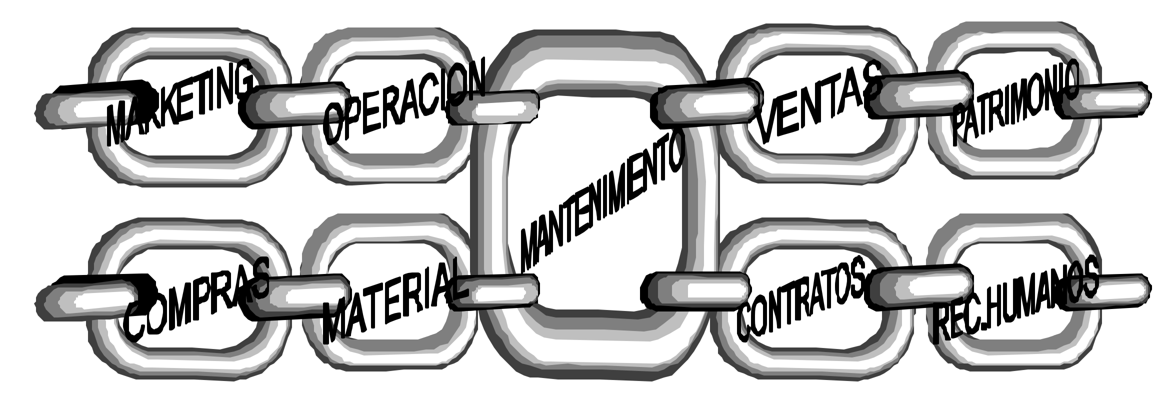


Figura 7 - Cadena de relaciones del mantenimiento con sus clientes y proveedores

Lo que muchas veces ha pasado desapercibido para los ejecutivos, hoy en día es bien obvio: un mal mantenimiento y baja confiabilidad significan: bajos ingresos, más costos de mano de obra y altos "stocks", clientes insatisfechos y productos de mala calidad. Para las empresas, el costo puede significar decenas y hasta centenas de

millones de dólares. Sólo la cantidad de oportunidades es aterradora, pero hay innumerables ejemplos que muestran ésto[5].

La búsqueda obstinada de ventajas competitivas, ha mostrado que el costo del mantenimiento no está bajo control y es un factor importante en el incremento del desempeño global de los equipos.

Tienen cada vez más aceptación en las empresas, los grupos de asesoría y las organizaciones profesionales para el buen desempeño de la producción. En términos mundiales, el gasto en mantenimiento debe estar alrededor de 2% o menos del valor del activo[5].

Ejemplo: si los activos de una planta suman $60 millones, y esta planta tiene un gasto mensual con mantenimiento de aproximadamente $140 mil, ¿su gestión es adecuada?

La respuesta seria NO, como se demuestra en el siguiente cálculo:

60 000 000 x 2% = 1 200 000
1 200 000/12(meses) = 100 000

Por lo tanto, la expectativa máxima para el gasto sería de $100 mil mensuales, y se demuestra que la empresa estaría gastando 40% más de lo adecuado, lo que podría estar afectando su balance de forma significativa.

El mejoramiento continuo de las prácticas de mantenimiento, así como la reducción de sus costos, son resultados de la aplicación del ciclo de Calidad Total como base, en el proceso gerencial.

Mejoras significativas en los costos del mantenimiento y disponibilidad de los equipos están siendo alcanzadas a través de la:

- Ejecución de algunas actividades por parte de los operarios de los equipos
- Mejoramiento continuo del equipo;
- Educación y capacitación de los responsables de la actividad de mantenimiento;
- Recopilación de información, evaluación y satisfacción de las necesidades de los clientes;
- Establecimiento de prioridades adecuadas a los servicios;
- Evaluación de servicios necesarios e innecesarios;
- Análisis adecuado de la información y aplicación de soluciones simples pero estratégicas;
- Planificación del mantenimiento con "enfoque en la estrategia de mantenimiento especifico por tipo de equipo".

Cada vez más, y seguramente de manera semejante sucederá con el cambio de siglo, las transformaciones en una compañía, se deben en gran parte, a la buena relación entre cliente y proveedor, sea interno o externo. Los conflictos crean costos y consumen tiempo y energía. La gestión dinámica del mantenimiento comprende la administración de sus interfaces con otras divisiones corporativas.

La coordinación en la planificación de la producción, la estrategia de mantenimiento, la adquisición de repuestos, la programación de servicios y el flujo de información entre estos subsistemas, eliminan los conflictos en la obtención de metas.

Altas disponibilidades e índices de utilización; el aumento de la confiabilidad, el bajo costo de producción como resultado del mantenimiento optimizado, la gestión de repuestos y la alta calidad de los productos son metas que pueden ser alcanzadas solamente cuando operación y mantenimiento trabajan juntos.

En grandes empresas americanas fueron revisadas más de 15 000 Ordenes de Trabajo, donde se pudo observar que 47% de los servicios podrían dejar de ser ejecutados, lo que correspondía, en esas empresas, a gastos innecesarios del orden de 12 millones de dólares en mano de obra y materiales [(6)].

Actualmente se observa que las empresas bien administradas han adoptado una visión prospectiva de oportunidades, usualmente soportada por[(7)]:

- Rutinas sistematizadas para minimizar mantenimiento;
- Sistemas de mantenimiento con auxilio de procesamiento electrónico de datos;
- Herramientas y dispositivos de medición;
- Asesorías competentes en la determinación del potencial de mejoramiento e implantación de soluciones estratégicas.

En las rutinas sistematizadas, se busca establecer las necesidades reales de intervención y la aplicación, lo mejor posible, de las tablas que, además de compactar la información, permiten estandarizar la búsqueda de registros y filtros necesarios para la elaboración de los reportes históricos y el apoyo al análisis de fallas, evaluando la disponibilidad y los costos.

En los sistemas de mantenimiento con el apoyo del procesamiento electrónico de datos, se busca almacenar el máximo posible de información relacionada con los equipos (registro) y materiales (repuestos), establecer las tareas adecuadas para ejecución de intervenciones programadas por los mantenedores y operadores, definir el momento adecuado para la ejecución y los recursos que serán utilizados (planificación), reducir al máximo las tareas burocráticas de los ejecutantes de mantenimiento, al mismo tiempo que se establece, de forma completa los registros que serán recuperados en una intervención relacionada con registros de otras áreas, directa o indirectamente implicadas con la función mantenimiento.

En las herramientas y en los dispositivos de medición, serán utilizados los criterios de predicción con datos originados en el monitoreo automático o manual, el establecimiento de criterios para garantizar el mejor mantenimiento en los aspectos de costos y seguridad, incluyendo las acciones necesarias para reducir los movimientos del personal de mantenimiento y las pérdidas de tiempo en la recolección de materiales y herramientas.

La adecuada recolección de información, almacenamiento y tratamiento de datos permitirán obtener los reportes, que a su vez, deben ser prácticos, concisos y objetivos, además de ser adecuados a los niveles de consulta para cada cliente.

A partir de 1994 con la universalización de algunos softwares, los clientes pasaron a ser más exigentes en sus criterios de selección y algunos cuestionarios fueron

creados para facilitar ese proceso. Algunos de esos cuestionarios son elaborados de forma tal que permitan ponderar las respuestas, o sea, atribuir a través de puntos, combinados o no con "pesos", mayor importancia a algunas con relación a otras.

Existen hoy día más de 200 softwares específicos de mantenimiento siendo comercializados en el mundo (de los cuales más de 30 en Brasil), ofreciendo soluciones específicas en función del producto, tecnología, mercado y estrategia de las diversas empresas.

Este mercado representó, en 1 997, más de 900 millones de dólares, de los cuales, 56,6% en Estados Unidos, 27,5 en Europa, 10,3% en Asia y Oceanía y 5,7% en América Latina[8].

Grandes empresas especializadas en Software específico de Mantenimiento se destacan en el mercado internacional como Datastream; Frontec; IFS; Indus International, JD Edwards; Marcan; Mincon; PSDI; Walker Interactive etc.[5]

1.2. Costos y productividad

En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, se presenta con la configuración de una curva ascendente, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de adquisición de repuestos, aumento del "stock" de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes - Figura 8.

COSTO DE MANTENIMIENTO CON RELACION AL TIEMPO

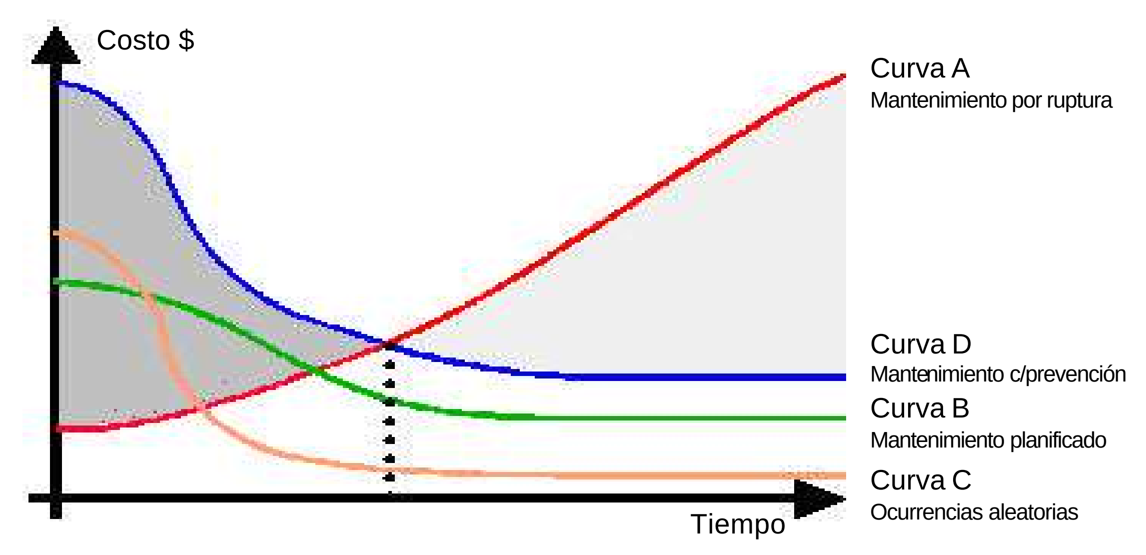


Figura 8 - Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo

La implantación de la planificación y control, buscando la prevención o predicción de la falla, presenta una configuración de costos invertida, con tasa negativa anual del orden de 20% y tendencia a valores estables, que pueden representar en el computo total, un ahorro de 300 a 500%[9 y 10], siendo más de la mitad de este ahorro debido a la facturación cesante, considerando el Costo Total de una parada de equipo, como

la suma del Costo del Mantenimiento, que incluye los costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes, y el Costo de Indisponibilidad que incluye el costo de Pérdida de Producción (horas no trabajadas), debido a: mala calidad del trabajo; falta de equipos; costo por emergencias; costos extras para reorganizar la producción; costo por repuestos de emergencia; penalidades comerciales e imagen de la empresa. Experiencias de evaluación del Costo de Indisponibilidad muestran que este representa más de la mitad del Costo Total de la parada.[11]

Un ejemplo evidente de los resultados obtenidos con la ejecución de la adecuada Planeación y Control de la función Mantenimiento fue divulgado por una empresa metalúrgica de los Estados Unidos de Norteamérica[12], que presentó los siguientes resultados:

1) Conservar el mantenimiento no planificado por debajo del 10%, de los cuales 8,3% es mantenimiento correctivo (la meta de la empresa era de 85% de mantenimiento planificado);
2) 0,5% de las horas de trabajo de mantenimiento fueron empleadas en arreglo de daños accidentales, 4,2% en fallas, 2,5% en lubricación, 25,6% en inspecciones, 4,1% en llamadas de emergencia, 6,1% en desmontajes, 40,2% en servicio de rutina programada, 0,2% en servicio de rutina no programada, 7,8% en fabricación y modificaciones y 8,8% en otras actividades como reuniones y capacitación;
3) Los costos de mantenimiento eran cerca de 40% por debajo de otras fábricas del mismo tamaño en el sector y se debe básicamente al uso eficiente de mano de obra y el mínimo de horas extras, que da, en promedio, menos de 0,5% por operario/año;
4) Los problemas de los equipos son detectados de manera precoz;
5) La inversión en mantenimiento incluye personas altamente calificadas, soporte sofisticado de computadora para mantenimiento planificado y una política de mantenimiento de la fábrica y equipos en "estado de nuevo";
6) El departamento de mantenimiento tiene total responsabilidad por el mantenimiento de los equipos e instalaciones de la fábrica. Cerca de 2.000 ítems por un valor superior a US$ 200 millones forman la mayor parte de esa responsabilidad.

La inversión inicial en mantenimiento planeado es mayor que el de mantenimiento no planeado y no elimina totalmente las fallas aleatorias, cuyo alto valor inicial es justificado por la inexperiencia del personal de mantenimiento que, al actuar en el equipo, altera su equilibrio operativo. Con el pasar del tiempo y al ganar experiencia, el mantenimiento aleatorio tiende a valores reducidos y estables. La suma general de los gastos del mantenimiento planeado y aleatorio, identificado como mantenimiento preventivo, a partir de un determinado tiempo, pasa a ser inferior al de mantenimiento por rotura[3].

Consecuentemente los beneficios de la prevención solamente ocurrirán a partir del momento en que las áreas comprendidas entre las curvas de mantenimiento por rotura y con prevención, antes y después de ese punto sean iguales. Si la vida útil de los equipos de la instalación es menor que el tiempo de obtención del beneficio, el mantenimiento preventivo pasa a ser económicamente inadecuado. La preparación previa del grupo de ejecución del mantenimiento preventivo reduce los

costos iniciales del mantenimiento aleatorio restante, sin embargo, el aumento de la inversión para la formación de ese grupo poco altera el resultado económico del periodo de generación de ingresos o beneficios.

En el aspecto de disponibilidad y confiabilidad, la planeación y control disminuye las interrupciones imprevistas de producción[13] y mejora la distribución de la ocupación de la mano de obra, reduciendo las colas de espera de los equipos que aguardan mantenimiento. La planificación adecuada conduce a métodos de mantenimiento con establecimiento de estándares de ejecución, desarrollados a partir de recomendaciones de fabricantes, experiencia del personal interno y bibliografía de empresas similares. Dentro de esos estándares, se destacan las órdenes de pedidos y mantenimiento, las instrucciones de mantenimiento o lista de verificación ("check-list), las hojas de registro de datos u hoja de variación de especificaciones y el programa maestro de mantenimiento.

Aparentemente la reparación o sustitución de componentes averiados puede parecer más rápida, en un análisis global, se verifica que esta es una concepción falsa, pues generalmente una avería perturba la homogeneidad de los equipos, cuyos resultados acarrean otras necesidades de intervención, y en el computo total, la suma de tiempos de indisponibilidad es mayor a aquel que sería necesario para un examen completo del equipo en la época de la primera intervención.

Además de las referencias presentadas, otros ejemplos de la ventaja de implantación o perfeccionamiento de la filosofía del Mantenimiento Planificado con relación a la del Mantenimiento por Rotura, en el aspecto de disponibilidad, se destacan:

1) El aumento de la productividad cerca de 12% de una empresa minera canadiense[14];
2) La reducción de costos del mantenimiento en 45% y el aumento de la productividad de 5 a 10% de una empresa portuaria americana[15];
3) El aumento de la productividad en 2% de una empresa de energía eléctrica americana[16];
4) El aumento de la productividad en 35% de una fábrica de papel inglesa[1].
5) La victoria, en una gran competencia, de una empresa japonesa en un país de América del Sur que presentó un índice de rechazo de 0,0001% (uno en un millón) contra 0,5% (cinco en mil) de la competidora nacional[17].

En algunos casos la exigencia de confiabilidad y disponibilidad es de tal orden que se prescinde del estudio de viabilidad económica, de la prevención con relación a la rotura, como en el caso de algunos componentes de una aeronave o del generador de emergencia de un hospital, o de los ascensores de edificios, cuya falla coloca en riesgo vidas humanas o el medio ambiente.

En estos casos son justificadas altas inversiones en planificación y control del mantenimiento para que la confiabilidad alcance valores cercanos a 100%. Se incluyen en esos grupos los equipos cuya parada imprevista, genera grandes pérdidas de materia prima o de la calidad del producto o servicio.

CAPITULO 2

2.1. Sistema y proceso

En el aspecto de organización de empresas, se puede definir un ***Sistema*** como un conjunto de procesos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos. A su vez, los ***Procesos*** son formados por un conjunto de tareas ejecutadas de forma ordenada - Figura 9.

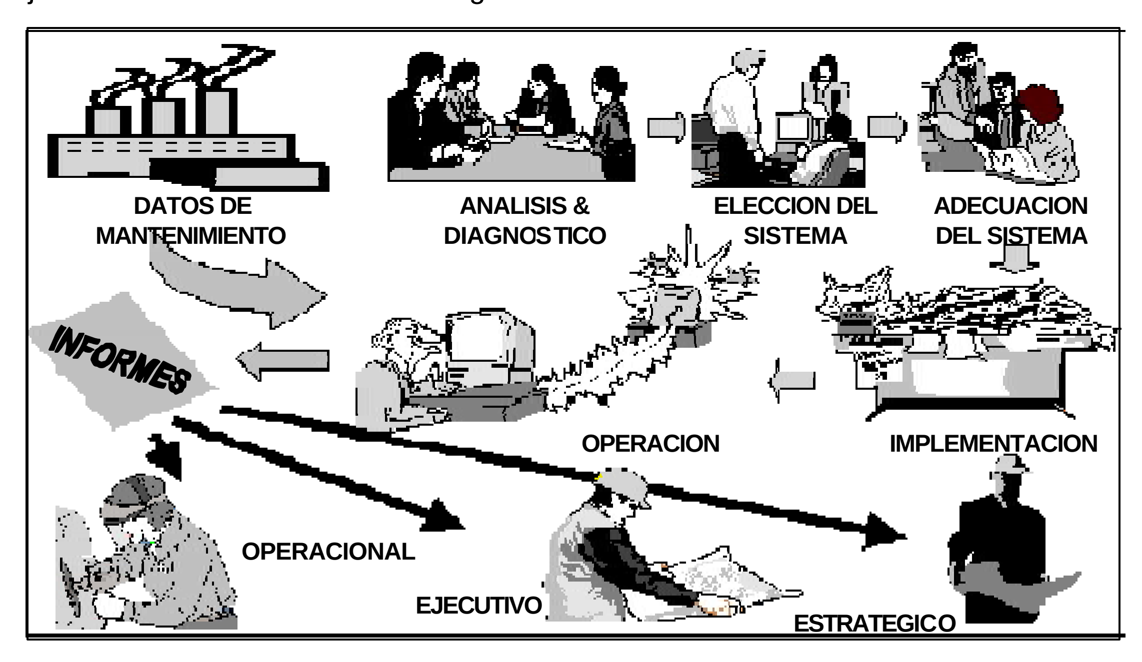


Figura 9 - Representación de un sistema de información aplicado al mantenimiento

Los **métodos** son los medios usados para el desarrollo ordenado de las tareas de un Sistema, o sea, las normas, procedimientos e informaciones disponibles en la organización.

2.2. Análisis y Diagnóstico del Área de Mantenimiento

La primera etapa para la implantación de un Sistema de Información Gerencial se constituye en la investigación de las necesidades de los usuarios y en la evaluación de criterios para la recolección de datos, en función de los tipos de informes deseados.

Esta etapa, identificada como Análisis y Diagnóstico del área de Mantenimiento, debe ser desarrollada con la participación de especialistas de las áreas de: Planificación, Organización y Métodos, Análisis de Sistemas y principalmente, usuarios, debiendo todos los participantes poseer la delegación del poder de decisión en sus actividades, para que el sistema desarrollado alcance el objetivo deseado. Durante esa etapa se elige el Proceso (manual o automatizado) a ser utilizado, de acuerdo con: las metas y los plazos a ser alcanzados, la confiabilidad deseada y los costos involucrados.

El Análisis y Diagnóstico, fue originalmente concebido como es presentado en la figura 10, cuando se le denominó "Polígono de Productividad del Mantenimiento" o "Radar del Mantenimiento".

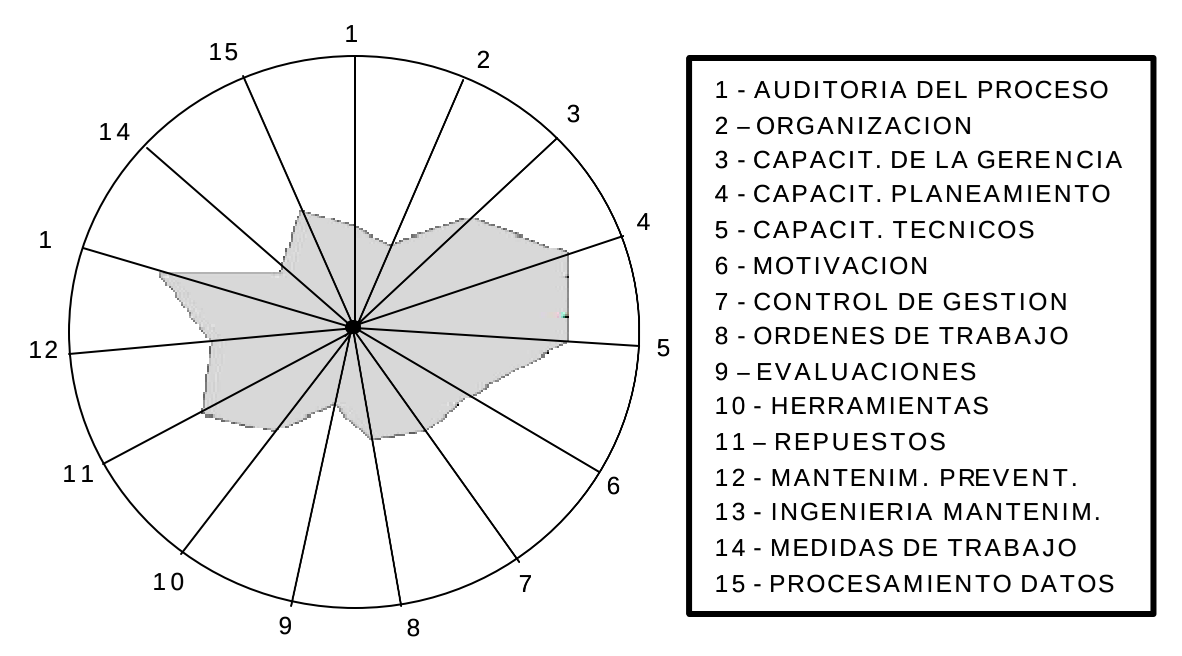


Figura 10 - Polígono de la Productividad del Mantenimiento (análisis y diagnóstico)

El método se desarrolló, en el sentido de formar un grupo de trabajo de la propia empresa que, asesorado o no por consultores externos, evalúe la situación de los distintos aspectos de la gestión del mantenimiento. Este grupo de trabajo, coordinado por el gerente de mantenimiento, deberá estar compuesto por representantes de las áreas de ejecución del mantenimiento y otras a ésta directamente e indirectamente relacionadas (operación, material, organización y métodos, recursos humanos, capacitación y desarrollo, compras, procesamiento de datos, nuevos proyectos, archivo/biblioteca, control patrimonial, contabilidad y seguridad industrial), algunos de los cuales tendrán su participación limitada, solamente a los temas de sus niveles de acción.

La metodología actual para el desarrollo de los trabajos de la comisión de A&D está compuesta por ocho etapas:

- Elaboración de un cuestionário que servirá como guía para desarrollo de los trabajos de análisis;
- Visitas a las instalaciones, talleres y oficinas de las áreas de actuación del mantenimiento, para conocimiento de las actividades desarrolladas por cada una;
- Reuniones y debates con los profesionales directa o indirectamente incluidos en el proceso de análisis;
- Consultas a la documentación en uso y determinación del flujo de información existente;
- Consulta a los usuarios de los servicios de mantenimiento (clientes);
- Recolección y análisis de normas y procedimientos de informatización de la empresa;
- Análisis de los problemas a ser administrados;

- Reuniones con los coordinadores de cada área para la discusión de las informaciones y elaboración del informe de diagnóstico.

Los procedimientos utilizados en el desarrollo del A&D pueden ser cuantitativos, cualitativos o ambos. En cualquier caso, el diagnóstico, resultado del análisis, debe contener indicaciones o alternativas para mejoras en los métodos practicados por la empresa.

Además de las tablas comparativas del método, es recomendable el montaje de gráficos ilustrativos de algunas condiciones existentes, así como, en el caso que el proceso concluya por la informatización del Sistema de Gestión del Mantenimiento, se deberá presentar una tabla, con los elementos que compondrán los varios archivos del Sistema debidamente dimensionados y correlacionados.

Durante el proceso de A&D son evaluados:

- Tipo de estructura organizacional existente;
- Situación administrativa y financiera de la empresa y ambiente en que actúa;
- Clientela (niveles de exigencia y estándares de la calidad de los productos o servicios);
- Modernidad X obsolescencia de equipos, máquinas y herramientas;
- Participación del Mantenimiento en los procesos de compra de nuevos equipos;
- Participación del Mantenimiento en los proyectos de ampliación o modificaciones de las instalaciones;
- Documentación (manuales, catálogos, recomendaciones, metodología de órdenes de trabajo, flujo de documentos, tratamiento informatizado, elaboración de informes, evaluación de los servicios, evaluación de los resultados, establecimiento de metas, acciones administrativas);
- Cálculos o estimaciones de índices tradicionales (costo de mantenimiento por facturación, porcentaje de mantenimiento preventivo, correctivo y otros servicios etc.);
- Delegación de autoridad para la solicitud de servicios de mantenimiento;
- Identificación objetiva de los servicios solicitados;
- Comunicación entre el personal de mantenimiento y los clientes de sus servicios;
- Recursos humanos y materiales disponibles;
- Relaciones entre las diversas áreas de mantenimiento con órganos externos;
- Posición del personal de mantenimiento en relación a otros órganos (responsabilidad, salarios, beneficios etc.) ;
- Existencia de intercambio de información entre el personal de una planta con otras de la misma empresa;
- Niveles de escolaridad del personal;
- Experiencia práctica del personal propio;
- Eficiencia y productividad del personal de mantenimiento;
- Delegación de responsabilidad en todos los niveles jerárquicos;
- Relaciones entre el personal de supervisión y subordinados;
- Existencia y eficacia de los métodos de evaluación de desempeño del personal;
- Existencia de un programa interno de transferencia de experiencia;
- Existencia de un programa continuo de capacitación del personal de mantenimiento;

- Existencia de programas de aprendizaje de los fabricantes de los equipos instalados en la empresa y entidades de enseñanza;
- Estímulos a emitir sugerencias a través de: premios, participación en eventos (congresos, simposios, seminarios, mesas redondas y cursos), visitas etc.;
- Motivación del personal propio y contratado;
- Relaciones entre servicios ejecutados por personal propio y por terceros;
- Ventajas y desventajas de la tercerización;
- Participación del Mantenimiento en la elaboración de contratos de prestación de servicios;
- Problemas con prestadores de servicios (criterios de elaboración de los contratos, documentación, evaluación de los servicios);
- Nivel de utilización de horas extras;
- Criterios en el establecimiento de la previsión de presupuestos del área de mantenimiento (seguimiento, criterios de establecimiento de las cuentas y centro de costos);
- Criterios de gestión de costos en los distintos niveles de supervisión;
- Criterios de levantamiento de costos de pérdida de producción debido al mantenimiento;
- Existencia de un sistema de débitos de costos de servicios del mantenimiento a sus usuarios;
- Nivel de delegación de responsabilidades para compras de pequeño valor (material de uso continuo);
- Repuestos (niveles de "stock" y puntos de reposición adecuados, localización física del almacén, almacenes paralelos, recepción de materiales, plan de mantenimiento de repuestos, herramientas, intercambiabilidad, nacionalización);
- Estandarización de tablas para la identificación de los códigos de registro de equipo, de mantenimiento, de ocurrencias, de esperas, de reprogramaciones y de cancelamientos;
- Identificación de equipos con mismas características constructivas ("familias" de equipos);
- Concienciación de la necesidad de prevención por mantenimiento;
- Relación de tópicos para la ejecución del mantenimiento planificado y sus respectivos tiempos estándares;
- Existencia y eficacia de procesos de monitoreo por mediciones manuales o automatizadas;
- Métodos adoptados para la intervención planificada en los equipos (por tiempo - intervalos prefijados; por oportunidad - función del seguimiento del estado de los equipos; o ambas);
- Establecimiento de Recomendaciones de Seguridad;
- Emisión de órdenes de trabajo de Actividades Programadas y No Programadas;
- Existencia y eficacia de un plan de inspecciones continuas;
- Existencia y eficacia de un plan de lubricación;
- Criterios de archivo de datos de actividades programadas y no-programadas;
- Criterio de almacenaje de datos de: disponibilidad de los equipos, duración de las actividades, hombres-hora empleados en cada actividad, material utilizado, costos de mano de obra, servicios contratados y facturación cesante;
- Cumplimiento de los plazos de atención de los pedidos;
- Evaluación de la calidad de los servicios;

- Existencia de una estructura de análisis de anormalidades en los equipos y en las intervenciones;
- Investigación sistemática de las averías más frecuentes;
- Selección y montaje de informes gerenciales por área de producción, sistema operacional, actividad y sector, con sus respectivas definiciones respecto a la presentación (tablas, gráficos y consultas específicas);
- Estructuración del área de Ingeniería de Mantenimiento para análisis de los reportes, sugerencia de alternativas y establecimiento de metas;
- Identificación del proceso deseado de interconexión del sistema de mantenimiento con otros sistemas de la empresa, establecimiento de metas, costos y plazos;
- Identificación del interés de disponer de un sistema en red;
- Interés en automatizar e implementar programas de monitoreo de los equipos (Mantenimiento Predictivo);
- Identificación del interés en alcanzar tipos de programas de "alerta de ocurrencias indeseables en el área de mantenimiento";
- Análisis de conveniencia de reajustes de tiempos estándares y desarrollo e implementación del programa de distribución homogénea de la mano de obra del servicio de mantenimiento a lo largo del tiempo.

Para tornar las reuniones del grupo de A&D más productivas, es recomendable que sea previamente elaborada una relación o cuestionario que dirigirá los debates de la comisión. Como temas más completos de esa relación/cuestionario, se sugieren: organización y perfil del mantenimiento; criterios de inventariación y registro de equipos, instalaciones, materiales (especialmente repuestos) y personal; planificación y programación del mantenimiento; métodos de recopilación de datos y metodología de archivo; criterios de composición y análisis de los reportes gerenciales y el proceso de tratamiento de la información.

2.3. Selección del Software de Mantenimiento

Tras la etapa de Análisis y Diagnóstico, se inicia el proyecto del sistema, cuando es desarrollado o seleccionado y adecuado el sistema que almacenará y procesará las informaciones del proceso de gestión del mantenimiento.

Las exigencias actuales de la fiabilidad y disponibilidad son de tal orden que se impone, a los gerentes de mantenimiento, responsabilidades que pueden ser ejecutadas sólo con herramientas adecuadas de gestión[18].

En consecuencia, las empresas buscan cada vez más, sistemas informatizados adecuados para auxiliar a esos gerentes en sus funciones. Esta búsqueda llevó a la comercialización, en apenas uno de los países europeos, de más de 3.300 sistemas de gestión del mantenimiento[19] de los cuales 2.470 están en operación. Algunos de esos sistemas son comercializados con el Análisis y Diagnóstico y prácticamente todos, de forma modular e integrada.

En los países americanos, también existe una gran cantidad de sistemas de gestión del mantenimiento ofrecidos como la solución final a los problemas de los gerentes[20], sin embargo, después de su adquisición, la realidad muestra que en

algunos casos, en vez de obtener soluciones para sus problemas, los gerentes en la realidad adquirieron más problemas para administrar.

Como ejemplo de esas adquisiciones inadecuadas están los casos de dos empresas que implementaron sistemas de gestión, que ocasionaron incendios por falta de ejecución de mantenimiento (que era hecho cuando había sistema manual) con grandes prejuicios; acarreando, en la primera, la necesidad de una reforma total de las instalaciones y en la segunda, la necesidad de venta de la fábrica debido a la pérdida total. En los dos casos los gerentes de mantenimiento fueron despedidos, a pesar de no haber tenido participación en la compra del sistema. En otra empresa un director compró un sistema "especializado" a un valor muy elevado, que luego tuvo que ser totalmente rehecho por el personal de informática y mantenimiento de la empresa.

Existe la seguridad que más del 50% de los sistemas comercializados no llegan a satisfacer adecuadamente a las empresas y lamentablemente no son divulgadas esas experiencias negativas, con raras excepciones(21).

De esta forma, los gerentes se deben preocupar en la selección de un sistema que realmente satisfaga sus necesidades, no solamente basados en las demostraciones hechas por los proveedores, sino también, con una investigación consciente de las consecuencias que vendrán con su adquisición (18).

Dependiendo de los recursos a ser invertidos, en la informatización del sistema de gestión del mantenimiento, la selección de softwares podrá basarse en la: experiencia del personal de la empresa, asesoría especializada y/o utilización de cuestionarios.

En los dos primeros casos, es recomendable preceder el proceso de informatización con el Análisis y Diagnóstico de la situación de la empresa que, además de definir las necesidades de cambios en la organización, servirá como agente de estímulo y compromiso de todas las áreas de la empresa en el cambio de sus paradigmas.

En la utilización de la técnica de cuestionarios, se puede dividir la selección de software de mantenimiento en cuatro etapas: Elaboración del cuestionario de selección objetiva; Elaboración del cuestionario de selección subjetiva; Presentación de los softwares y Propuestas comerciales. Dependiendo de las necesidades y complejidad de la empresa, el proceso de selección se desarrollará entre uno y dos meses(22).

Para garantizar una selección técnica exenta, objetiva y completa del software de mantenimiento, debe ser constituida una comisión formada por el personal del área involucrada, del área de informática y del área financiera.

Una vez constituida la comisión de evaluación, son realizadas reuniones para la preparación de los cuestionarios de evaluación objetiva y subjetiva.

La composición de dos cuestionarios, trae como ventaja la posibilidad de ratificación del proceso de evaluación o la necesidad de rever la importancia dada a algunas preguntas a partir de la comparación entre sus resultados.

El cuestionario de evaluación objetiva es más extenso y más simple de ser completado, ya que sus preguntas son respondidas como "S" (si) o "N" (no) y sus resultados multiplicados por números que dan el grado de importancia del asunto para las características de la empresa.

Es común que este cuestionario tenga entre 200 y 300 preguntas y que sean atribuidos tres o cuatro niveles de importancia (peso) con las siguientes interpretaciones[22].

Peso 0 (cero): Pregunta que no afecta el resultado de la selección, sin embargo, que debe ser hecha a título de información. Es común la existencia de 5 a 15 preguntas de este tipo.

Peso 1 (uno): Pregunta básica en el proceso de selección. Es aquella que aparece con más frecuencia siendo común la existencia de 150 a 200 de estas preguntas.

Peso 2 (dos): Pregunta muy importante en el proceso de selección, normalmente vinculada a aspectos de codificación, historiales del mantenimiento y reportes gerenciales. Es común la existencia de 30 a 50 interrogantes de este tipo.

Peso 5 (cinco): Pregunta excluyente en el proceso de selección. Su respuesta negativa indica que el software analizado no responde a las necesidades fundamentales de la empresa, normalmente vinculada a aspectos de: procesamiento de datos, asistencia técnica, garantías y reportes de gestión (especialmente relacionado a índices de mantenimiento). Es común la existencia de 5 a 10 preguntas de este tipo. Ya que se espera que estas preguntas sean respondidas positivamente por todos los proyectistas o proveedores de softwares el valor del peso puede ser aumentado (pasando a 10 o a 20).

El cuestionario de evaluación subjetiva, normalmente es compuesto por preguntas semejantes a la de mayor peso del cuestionario de evaluación objetiva, pudiendo todavía contener preguntas de menor peso (peso 1). Regularmente su compilación es realizada a través de un breve comentario.

Es común que este cuestionario tenga entre 5 y 15 preguntas y que además del comentario sean atribuidos puntos que podrán variar de 1 a 5 o de 1 a 10.

Además de las preguntas semejantes a las del cuestionario objetivo pueden ser incluidas algunas relacionadas con: asistencia técnica (sistema e ingeniería de mantenimiento); capacitación operacional (implantación del sistema y conceptos); autonomía (cambios en la base de datos, creación de archivos, alteración de campos); facilidad operacional y navegabilidad del sistema; experiencia de utilización en empresas del ramo; recursos informáticos; costos de licencia por usuario y/o funcionario; tasa de mantenimiento etc.

También pueden ser atribuidos valores para el cálculo ponderado de las preguntas subjetivas. En este caso, todavía, estos valores (pesos) se deben restringir a apenas dos o tres números (cero, uno y dos o uno, dos y tres).

Tras la preparación de los cuestionarios, es realizada la preselección del software existente en el mercado, pudiendo ser utilizada la experiencia propia del personal y/o la asesoría de consultores externos; elaborando un gráfico de presentación de los

sistemas y remitiendo invitaciones a los proveedores y/o proyectistas para la presentación de sus productos. En función del porte de la empresa, pueden ser invitados de 3 a 8 proveedores y/o proyectistas, para la selección.

Las presentaciones pueden ser divididas en dos partes, en la primera los proveedores y/o proyectistas hacen la presentación de su empresa y del software y en la segunda responden a las preguntas de los cuestionarios objetivo y subjetivo. Durante la primera parte, los miembros de la comisión ya estarán marcando en sus cuestionarios las preguntas que fuesen realmente respondidas, quedando para la segunda parte apenas aquellas que quedaron omisas. Es común que cada presentación dure de 5 a 8 horas, debiendo por lo tanto ser reservado un día para cada software.

Después de la presentación, los resultados del cuestionario objetivo son comparados y analizados por los miembros de la comisión, de manera que se logre un resultado de consenso. Este resultado de consenso es sumado para cada software analizado, siendo sus resultados colocados en una planilla final con los valores absolutos y relativos obtenidos por cada uno.

Análogamente es realizado el levantamiento de los valores atribuidos en el cuestionario subjetivo, siendo, en este caso, común la utilización de valores promedios de los valores atribuidos por cada miembro de la comisión en cada pregunta.

La selección del software será concluida con el establecimiento de las especificaciones técnicas, para que los proveedores puedan elaborar sus propuestas comerciales. Estas especificaciones son basadas en las normas internas de la empresa, sus características operacionales, sus criterios financieros y contables y en los resultados obtenidos del Análisis y Diagnóstico y evaluaciones objetiva y subjetiva.

El objetivo final de un sistema informatizado aplicado al mantenimiento es: proporcionar informaciones que permitan obtener un aumento de la rentabilidad de la empresa, utilización más eficiente del factor humano y material disponibles, mejora en el desempeño y fiabilidad de los equipos. Para alcanzar este objetivo, debe existir una secuencia lógica en el proyecto y en el desarrollo de cada etapa del sistema - Figura 11

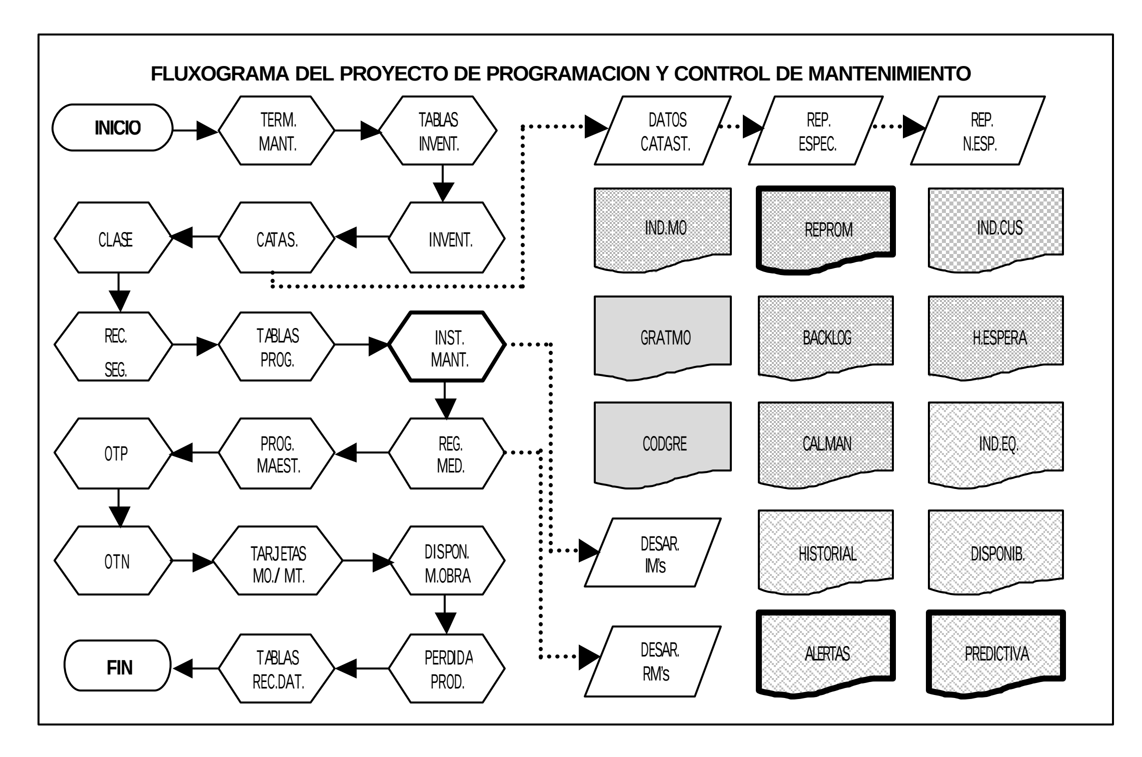


Figura 11 - Diagrama de flujo del proyecto de un sistema de gestión del mantenimiento

Analizando la secuencia recomendada para la implantación de las informaciones y la utilización de esas informaciones en los distintos reportes de gestión, se puede notar que:

a) El módulo de Disponibilidad de los Equipos es alimentado con informaciones de las órdenes de trabajo y datos de operación.
b) El módulo del Historial de los Equipos, filtrado a partir de las tablas implementadas durante el inventario y la programación, recibe informaciones de los datos de inventario, de las órdenes de trabajo y de las tablas de recolección de datos.
c) El módulo de Índices de Equipos es alimentado con informaciones de las órdenes de trabajo y datos de operación.
d) Los módulos de Alertas, son generados a partir de la comparación de parámetros predefinidos con los equivalentes de las órdenes de trabajo y registros de mediciones y es un subproducto del programa del Historial de los Equipos.
e) El módulo de Mantenimiento Predictivo, recibe informaciones de los registros de mediciones y órdenes de trabajo de intervenciones en equipos prioritarios.
f) Los módulos de Costos de Mantenimiento son alimentados con informaciones de inventario (repuestos generales y específicos y costo de adquisición), de las órdenes de trabajo, de los datos de operación, de las tarjetas de tiempo y de material.
g) Los módulos de Indices de Mano de Obra, Backlog, Distribución de Servicios y Horas de Espera, son alimentados con informaciones provenientes de las órdenes de trabajo, tarjetas de tiempo y mano de obra disponible.
h) La Reprogramación Automatizada de Mantenimiento es alimentada con datos provenientes de las órdenes de trabajo, tarjeta de tiempo y Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo.

2.4. Conceptos Básicos

Como es ilustrado en la Figura 11, la primera etapa, para la selección o desarrollo del sistema de información gerencial, debe ser el establecimiento de una terminología estándar a ser utilizada por todos los involucrados en el proceso.

Innumerables tentativas de establecimiento de una terminología estándar de mantenimiento han sido realizadas sin mucho éxito. Los órganos de normalización técnica [23, 24 y 25], las Asociaciones Nacionales de Mantenimiento, los grupos coordinadores de los diversos ramos industriales, la Organización de las Naciones Unidas [1] y el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento [26] y también los diccionarios[27 y 28] han propuesto alternativas de caracterización de las subdivisiones del mantenimiento, buscando el intercambio de informaciones, sin conseguir alcanzar esta meta que, paradójicamente, todas las personas ligadas a esta actividad desean.

En las definiciones propuestas no existen muchas divergencias respecto al significado de la palabra "Mantenimiento" como "acto o efecto de mantener", "medidas necesarias para la conservación o permanencia de alguna cosa o de una situación", sin embargo, a partir de sus subdivisiones surgen las divergencias en el establecimiento de las fronteras entre Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo.

Debido a la inexistencia de un estándar universal de caracterización de algunas actuaciones, como preventivo o correctivo, es fundamental, para el desarrollo del control del mantenimiento, que cada empresa opte por una terminología adecuada, de preferencia igual a aquella en uso por la mayoría de las industrias del mismo ramo y que una vez elegida, sea enfáticamente divulgada internamente y evitar que sean hechos cambios de conceptos después de definidos, para evitar el deterioro del Sistema.

Para efecto de aplicación en los capítulos a seguir, se utilizarán los siguientes conceptos básicos :

Pieza - Todo y cualquier elemento físico no divisible de un mecanismo. Es la parte del equipo donde, de una manera general, serán desarrollados los cambios y eventualmente, en casos más específicos, las reparaciones.

Componente - Ingenio esencial para el funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física, que, conjugado a otro (s) crea (n) el potencial de realizar un trabajo.

Equipo - Conjunto de Componentes interconectados con que se realiza materialmente una actividad de una instalación.

Sistema Operacional - Conjunto de equipos para ejecutar una función de una instalación.

Unidad de Proceso o Servicio - Conjunto de Sistemas Operacionales para la generación de un producto o servicio.

"Familia" de equipos - Equipos con iguales características de construcción (mismo fabricante, mismo tipo, mismo modelo).

Item de Mantenimiento (o simplemente "Item") - Equipo, Obra o Instalación.

Defecto - Ocurrencia en un ítem que no impide su funcionamiento, sin embargo, puede a corto o largo plazo, acarrear su indisponibilidad.

Falla - Ocurrencia en un ítem que impide su funcionamiento.

Mantenimiento - Todas las acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de modo que permanezca de acuerdo con una condición especificada.

Mantenimiento Preventivo - Todos los servicios de inspecciones sistemáticas, ajustes, conservación y eliminación de defectos, buscando evitar fallas.

Mantenimiento Correctivo - Todos los servicios ejecutados en los equipos con falla.

Clase - Importancia del equipo en el proceso (o servicio) dividiéndose en:

Clase A - Equipo cuya parada interrumpe el proceso (o servicio), llevando a la facturación cesante;

Clase B - Equipo que participa del proceso (o servicio) pero que su parada por algún tiempo no interrumpe la producción;

Clase C - Equipo que no participa del proceso (o servicio);

Prioridad - Intervalo de tiempo que debe transcurrir entre la constatación de la necesidad de una intervención de mantenimiento y el inicio de la misma.

Mantenibilidad - Facilidad de un ítem en ser mantenido.

Servicios de Apoyo - Servicios ejecutados por el personal de mantenimiento con el objetivo de lograr la: mejora de las condiciones de seguridad en el trabajo; mejora de la mantenibilidad; capacitación; nuevas instalaciones y prestación de servicios a otros sectores no vinculados a la producción como por ejemplo, mantenimiento de la red de iluminación externa, confección de placas de señalización vial etc.

En el trabajo de Nakagima (TPM - "Total Productive Maintenance") es presentada la sugestión de subdivisión del mantenimiento preventivo en dos grandes grupos: Mantenimiento Preventivo **por tiempo** y Mantenimiento Preventivo **por estado**. De esta manera, son indicadas a continuación, las subdivisiones del Mantenimiento Preventivo de uso más común y sus clasificaciones según esta propuesta:

Mantenimiento Preventivo por Tiempo - Servicios preventivos preestablecidos a través de una programación (preventiva sistemática, lubricación, inspección o rutina), definidos en unidades calendario (día, semana) o en unidades no calendario (horas de funcionamiento, kilómetros recorridos etc.).

Mantenimiento Preventivo por Estado - Servicios preventivos ejecutados en función de la condición operativa del equipo (reparación de defectos, predictivo, reforma o revisión general etc.).

Inspección o Mantenimiento de Rutina - Servicio caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando los sentidos humanos y sin ocasionar la indisponibilidad del equipo, con el objetivo de acompañar el desempeño de sus componentes - mantenimiento preventivo por tiempo. Esta actividad puede ser desarrollada por el personal de operación, a partir de la programación desarrollada por el Departamento de Mantenimiento o por "inspectores" vinculados al área de Mantenimiento con esta función específica. Debido a su corta duración, exige control simplificado que debe, sin embargo ser procesado, pues ofrece una gran contribución al diagnóstico del estado de los equipos.

Mantenimiento Periódico o Sistemático - Actividad en que cada equipo es puesto fuera de servicio, tras un período de funcionamiento, para que sean efectuadas mediciones, ajustes y si es necesario cambio de piezas, en función de un programa preestablecido a partir de la experiencia operativa, recomendaciones de los fabricantes o referencias externas - mantenimiento preventivo por tiempo. Un buen control del Mantenimiento Preventivo Sistemático requiere registros históricos, debiendo por lo tanto ser implantado después de algún tiempo de funcionamiento de los equipos, ya que normalmente los fabricantes omiten o desconocen los puntos de falla de sus líneas de producción. Como alternativa para la implantación inmediata puede ser atribuida una periodicidad a cada uno, en base a las experiencias profesionales de los ejecutantes del Mantenimiento, que irán siendo ajustadas a través del acompañamiento de la incidencia de correctivos entre preventivos o por la inexistencia de defectos constatados en las paradas programadas.

Lubricación - Adiciones, cambios, llenado, exámenes y análisis de los lubricantes - mantenimiento preventivo por tiempo. Esta actividad puede ser ejecutada por el operador del equipo o por un "lubricador" y análogamente a la anterior, exige control simplificado donde deben ser indicados los puntos a ser lubricados o tipo de lubricante, la dosificación y la frecuencia de lubricación. En este caso es fundamental el seguimiento del proceso para evitar que su omisión o mala ejecución acarree serios daños a los equipos.

Revisión de Garantía - Examen de los componentes de los equipos antes del término de sus garantías, con la intención de verificar sus condiciones con relación a las exigencias contractuales - mantenimiento preventivo por tiempo.

Gran Reparación o Revisión General - Servicios en equipos de gran porte que interrumpen la producción - mantenimiento preventivo por estado. Es común para este tipo de actividad, la aplicación de la técnica del Método del Camino Critico (CPM/PERT) y el análisis de costos específicos, lo que justifica una nomenclatura propia para facilitar la selección de los registros a esta concernientes.

Mantenimiento Selectivo - Cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con entidades de investigación - mantenimiento preventivo por estado.

Mantenimiento Predictivo o Previsivo - Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, a través del análisis de síntomas o estimativa hecha por evaluación estadística, con el objetivo de predecir el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de

cambio o reparación - mantenimiento preventivo por estado. Como en el caso anterior, se trata de un Control Predictivo o Previsivo, para ejecución de mantenimiento preventivo.

Reparación de Defecto - Reparación de Equipos que presentan variaciones en su estado, como ya fue definido, para la condición de Defecto - mantenimiento preventivo por estado.

2.5. Prioridades

En la propuesta de subdivisión terminológica de mantenimiento de la **ONU**[1] también se presenta la identificación de "mantenimiento de emergencia", usada por algunas industrias como sinónimo de mantenimiento correctivo, que mezcla el concepto de tiempo para atención del equipo de mantenimiento (prioridad) con la condición operativa del equipo.

La Prioridad a ser dada en la ejecución del mantenimiento para un equipo, también es asunto polémico en su subdivisión. Siendo su concepto genérico "calidad de lo que está en primer lugar o de lo que aparece primero"[27] aceptado por la mayoría de las personas que trabajan en el proceso productivo. En el aspecto técnico, la prioridad es caracterizada como: "el intervalo de tiempo que debe transcurrir entre la constatación de la necesidad de mantenimiento y el inicio de esta actividad" y entre las distintas propuestas de subdivisión utilizadas por los órganos de mantenimiento, se han seleccionado aquellas presentadas por algunas empresas americanas[29] que establecen cuatro niveles subsecuentes para ese intervalo de tiempo:

Prioridad 1 - Emergencia - Mantenimiento que debe ser realizado inmediatamente después de detectada su necesidad.

Ejemplos: Falla en equipo prioritario; Acción predictiva en equipo prioritario (Clase A).

Prioridad 2 - Urgencia - Mantenimiento que debe ser realizado lo más rápido posible, preferiblemente sin superar las 24 horas tras haber detectado su necesidad.

Ejemplos: Defecto en estado próximo a la falla en equipo prioritario; Falla en equipo secundario (Clase B).

Prioridad 3 - Necesaria - Mantenimiento que puede ser postergado por algunos días pero que su ejecución no debe superar una semana.

Ejemplos: Mantenimiento Preventivo en equipo secundario, de acuerdo con la programación preestablecida; Reparación de defectos en equipos secundarios.

Prioridad 4 - Deseable - Mantenimiento que puede ser postergado por algunas semanas (recomendable 4 ó 5) pero no debe ser omitido.

Ejemplos: Mantenimiento en equipo secundario, de acuerdo con la programación preestablecida; Falla en equipo que no interfiere en la producción (Clase C).

Para completar este cuadro de prioridades, es sugerido un quinto nivel que identificará los servicios que solamente serán ejecutados cuando haya disponibilidad del personal de mantenimiento, o sea:

Prioridad 5 - Prorrogable - Mantenimiento que puede dejar de ser ejecutado.

Ejemplos: Defecto en equipo que no interfiere en el proceso productivo; Mejora estética de la instalación.

Es común, sin embargo, encontrar sistemas más simples de establecimiento de prioridades con apenas dos o tres niveles: Emergencia y Normal o Emergencia, Urgencia y Normal, siendo sus definiciones semejantes a los conceptos arriba presentados.

El uso de varios niveles de prioridad puede generar situaciones complejas entre los órganos de operación y mantenimiento por la divergencia de opiniones respecto a la definición de estos niveles, en función del tipo de ocurrencia y de la importancia operacional del equipo. Eventualmente el órgano de seguridad industrial también participa en esas divergencias.

Para evitar que, la discordancia perjudique el desarrollo del trabajo del equipo de ejecución del mantenimiento, es presentado el concepto de Prioridad Combinada. Donde el nivel de prioridad final es obtenido por la combinación de aquellos propuestos por los órganos involucrados, a partir de una tabla previamente ajustada y conformada por la combinación de todas las posibilidades dadas por los órganos involucrados.

Para la elaboración de esta tabla, cada órgano establece sus niveles y terminologías propias de prioridad. Considerando los cinco niveles ya presentados como específicos del departamento de mantenimiento, el órgano de operación tendría, por ejemplo, otros niveles, o sea:

Prioridad 1 - Equipo prioritario fuera de servicio con pérdida de producción.
Prioridad 2 - Equipo prioritario en condición deficiente de operación.
Prioridad 3 - Equipo prioritario fuera de servicio, sin pérdida de producción por periodo limitado.
Prioridad 4 - Equipo no prioritario.

Análogamente, el órgano de Seguridad Industrial, también podría usar niveles y terminologías apropiados a su área de actuación como:

Prioridad 1 - Riesgo de vida común.
Prioridad 2 - Riesgo de vida limitada.
Prioridad 3 - Riesgo de accidente no fatal.
Prioridad 4 - Sin riesgo de accidente.

Una vez establecidos los niveles de prioridad de cada órgano, sus representantes se reúnen para establecer la tabla de prioridades finales, en función del resultado de la combinación de prioridades definidas por cada uno.

En el sistema de control por proceso manual, esta tabla queda en poder del órgano coordinador de mantenimiento, que al tomar conocimiento de la necesidad de ejecución del servicio, consulta a los órganos involucrados para que definan los

niveles de prioridad. En los sistemas que utilizan computadora, esta tabla ya forma parte de la programación y en consecuencia, la solicitud de trabajo puede ser emitida con el nivel de prioridad final.

La utilización del criterio de prioridades combinadas, puede ser aplicada cuando existe rapidez en la intercomunicación de los órganos involucrados con el de control, o con la computadora, debiendo ser evitada cuando existen dificultades de comunicación, pues puede ocasionar serios perjuicios a la producción en el caso de servicios de primer y segundo niveles (Emergencia y Urgencia).

Otro criterio para el establecimiento de prioridades, aplicado para actividades que pueden ser programadas es el "Método GUT".

En este método, la letra G significa la "Gravedad" del problema, o sea, si la ocurrencia es de naturaleza que puede perjudicar el equipo o instalación o aun, colocar en riesgo vidas humanas o al medio ambiente. La letra U representa la "Urgencia", es decir, si el problema genera o puede generar perjuicios al proceso o al servicio, comprometiendo las obligaciones de la empresa de plazo, costos o calidad y la letra T simboliza la "Tendencia", o sea, como el problema puede desarrollarse o degenerar con el tiempo.

Se establece una planilla donde son colocados en las columnas, los ítems a ser evaluados debajo de cada una de las letras G, U y T y en las líneas los que efectúan la evaluación (personal de operación, mantenimiento y seguridad industrial) - Figura 12

Equipo	Caldera				Disyuntor				Fan Coil			
Personal de Evaluación	G	U	T	GxUxT	G	U	T	GxUxT	G	U	T	GxUxT
Rivera	4	3	2	24	4	4	4	64	2	3	3	14
Martínez	5	4	3	60	5	4	4	80	3	3	3	27
Ortega	4	4	3	48	4	5	5	100	3	2	2	12
Rodríguez	4	4	3	48	5	4	4	80	4	3	2	24
Calderón	4	3	3	36	4	4	4	64	4	3	3	36
PRIOR IDAD	2º			Σ = 216	1º			Σ = 388	3º			Σ = 117

Figura 12 - Establecimiento de prioridades por el "Método GUT"

Cada uno atribuye un grado de 1 a 5 para cada cuestión en cada ítem evaluado. Estos valores son multiplicados y su resultado es colocado en una cuarta columna (llamada GUT) para cada ítem.

El resultado de la suma de las columnas "GUT" de cada ítem definirá la secuencia de atención.

2.6. Tablas de Codificación

Uno de los recursos más utilizados por los actuales sistemas de gestión es el establecimiento de procedimientos de codificación, o sea, la utilización de tablas para lograr clumplir con los objetivos comunes de las diferentes áreas.

Desde la concepción de los primeros sistemas de gestión surgieron campos específicos para códigos, cada uno con una finalidad específica, como la identificación de los grupos de equipos con mismas características de construcción, el equipo en el proceso productivo, los documentos asociados a los equipos etc.

Con la utilización de la computadora en el almacenamiento y tratamiento de la información, la codificación pasó a ser fundamental en dos aspectos: la búsqueda de mayor rapidez de procesamiento (rendimiento del sistema) y consecuentemente, la necesidad de condensar y correlacionar informaciones en un número reducido de símbolos y la estandarización de las formas de expresión.

Por lo tanto se puede afirmar que, en estos procesos, los atributos básicos de los archivos obtenidos a través de la utilización de las tablas son:

Compacto - Como ya fue indicado, los archivos serán de menor tamaño, lo que aumenta la rapidez del procesamiento. Para el establecimiento de la dimensión ideal del código deben ser analizados el límite de caracteres que serán necesarios para identificar todos los elementos, así como el tipo de identificación que será utilizado, recordando que, en caso de utilización de dos dígitos, el sistema numérico permite identificar 99 ítems (excluyendo el código 00), el sistema alfabético (considerando las letras K, Y y W) permite identificar 676 ítems y el sistema alfanumérico 1296 ítems).

Estandarizado - Correlación de informaciones semejantes. Las palabras que tienen el mismo significado deben ser codificadas según el mismo conjunto de símbolos. Por ejemplo la acción "Cambiar" o "Substituir" o “Remplazar” del código de ocurrencias, debe ser identificado según el mismo estándar “CB”, "SB" o "RP".

Los archivos de las tablas, deberán contener los elementos necesarios a la composición del conjunto de ítems con las mismas características de construcción, o sea, mismo nombre, fabricante y tipo/modelo ("familia"), así como los elementos necesarios, para la identificación de la posición operativa de cada uno, para el establecimiento de la programación de intervenciones y para el registro de ocurrencias.

Es común el establecimiento de más de 30 tablas que definirán el "Tipo de Equipo", "Fabricante", la "Localización física o geográfica (ubicación)", el "Sistema operacional", la "Periodicidad", los "Recursos humanos", el "Sector responsable por el mantenimiento", las "Causas y Efectos de las intervenciones" etc .

Las nuevas técnicas de composición de Banco de Datos, permiten que el usuario, efectúe la selección para consulta o actualización de las tablas, a través de los nombres como son conocidos, evitando la necesidad del conocimiento de los códigos, que quedarán limitados al procesamiento por la computadora - Figuras 13, 14 y 15.

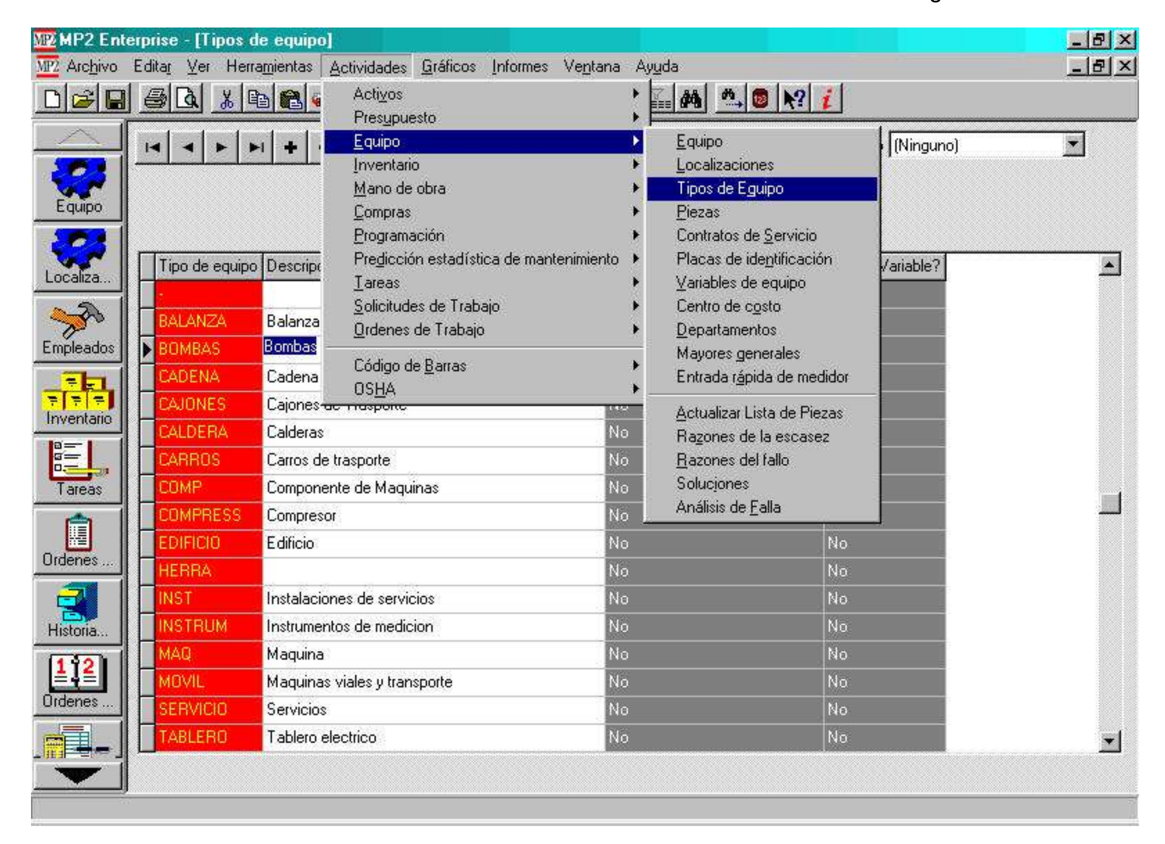


Figura - 13 - Modelo de pantalla de consulta a tabla.

La actualización de las tablas y archivos de datos abarca las alternativas de "inclusión" (Figura 14), "alteración", o "exclusión" (Figura 15), estas últimas, limitadas a las personas autorizadas al acceso del banco de datos, para evitar el riesgo de colapso de toda la estructura del Sistema. Como sugerencia, se recomienda la creación de un "archivo muerto" para almacenar datos excluidos o alterados.

En el proyecto de codificación debe ser efectuada una evaluación de las dimensiones máximas de cada célula (incluyendo las expansiones) y establecer, para cada una, los tipos de caracteres que serán utilizados, de modo que se permitan efectuar las críticas al software. Es necesario tener en cuenta que, cuanto más amplio sea el código más espacio será ocupado en los archivos y en la memoria de la computadora y más tiempo será invertido en la búsqueda de informaciones.

Para efecto de correlación de las posiciones operativas de los equipos con los respectivos registros históricos, es común la utilización del concepto de Código de Equipo o "Tag", que identifica al equipo en su posición operativa, pudiendo ser utilizada, en este caso, la identificación dada por el área de Operación o por el área de patrimonio o el número de serie del equipo.

Entre los recursos actuales y disponibles para la creación y operación de los bancos de datos informatizados, está la “desnormalización”, o sea, la utilización de la **"Base relacional de registros"** a través de la utilización de tablas (entidades) formadas por líneas y columnas (*campos*), que se relacionan entre ellos para satisfacer las necesidades de los usuarios.

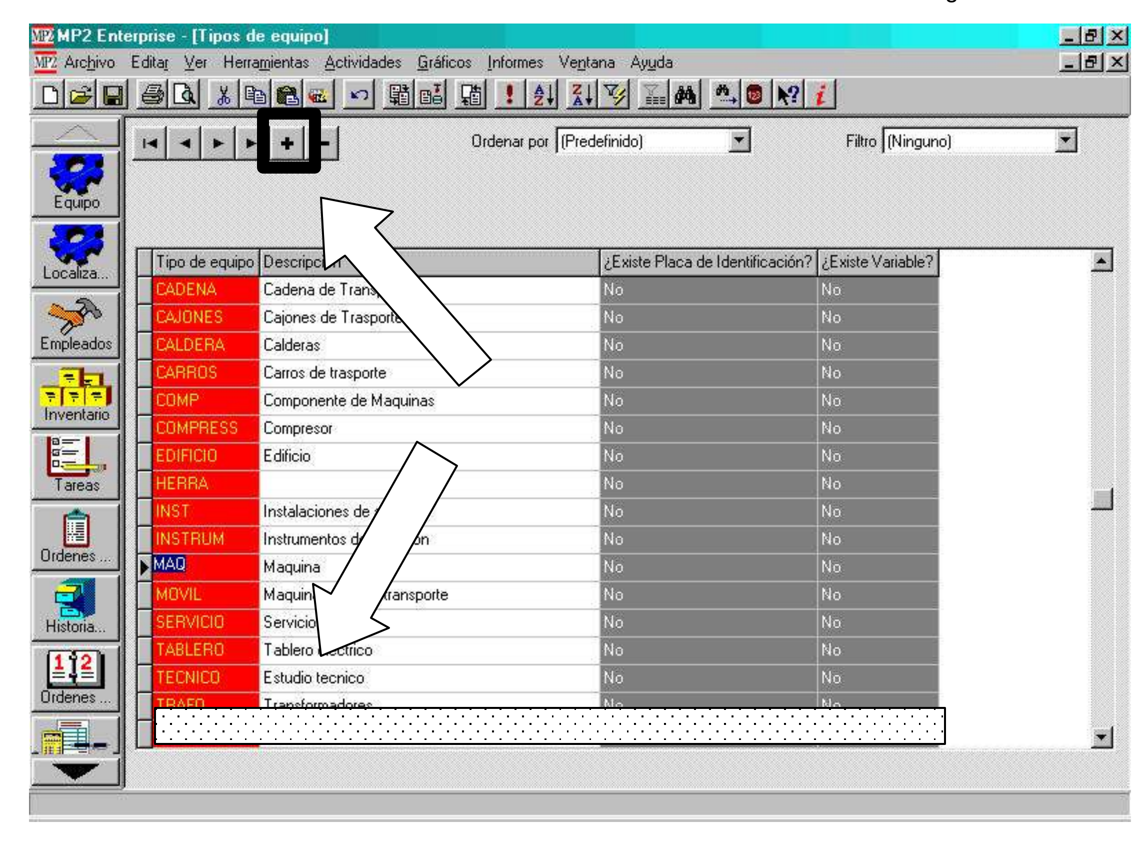


Figura - 14 - Modelo de pantalla de inclusión de registros de tabla.

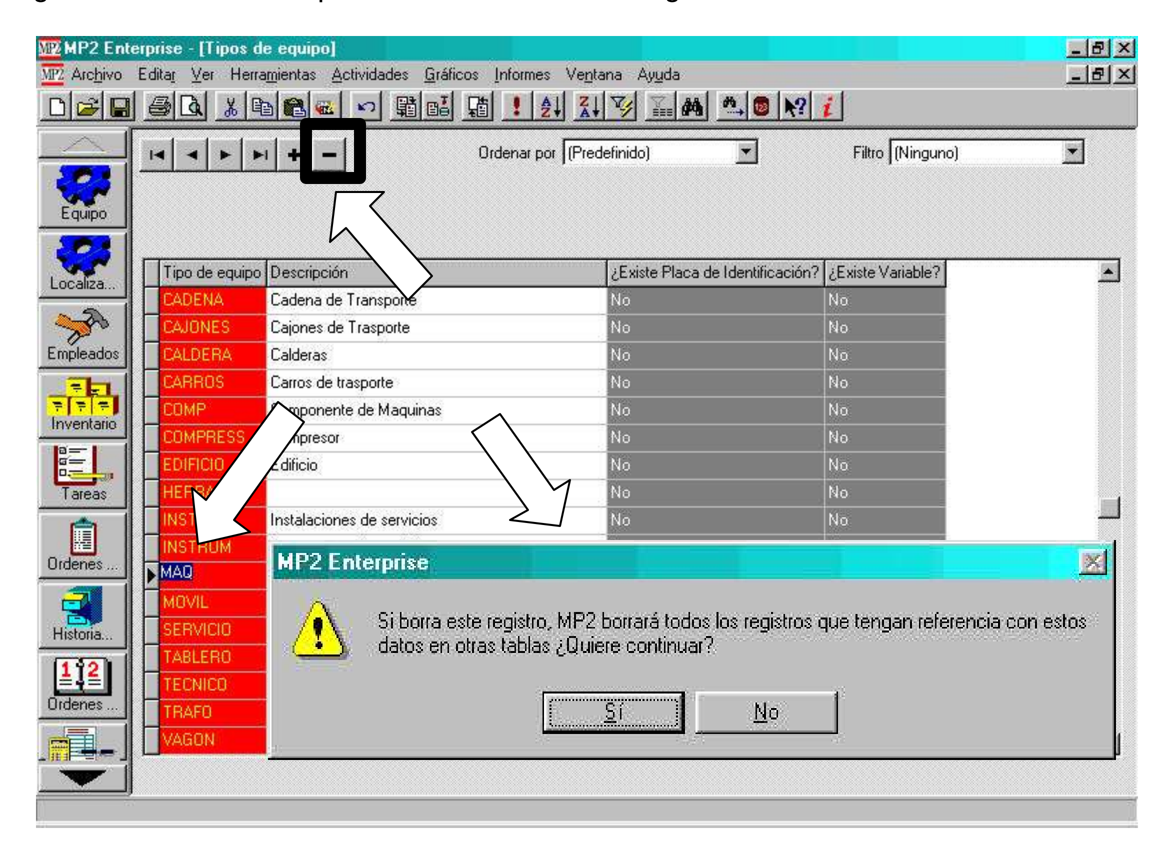


Figura 15 - Modelo de pantalla de exclusión de registros de tabla

Esta técnica, elimina la necesidad del establecimiento de los códigos estructurados preestablecidos, para la identificación de la posición operativa del equipo o agrupamiento por características de construcción (familias) u ocurrencias (acervo histórico), u otras combinaciones hasta entonces adoptadas.

Utilizando los recursos de base relacional de datos, se puede el código de equipo (o "tag") entre las distintas tablas, con el objetivo de permitir ejecutar "filtros" de acuerdo con la necesidad de los usuarios en la composición de listados o informes de gestión.

Como recomendaciones complementarias para el proyecto de las tablas, se pueden citar:

- Presentación de la tabla siempre en orden alfabético de nombres, pero con la posibilidad que el usuario accionando una tecla de función, o a través del "ratón", se cambie esa clasificación para el código, y accionando nuevamente la misma tecla, coloque nuevamente la tabla en la condición anterior;
- Verificación de la introducción de datos para evitar la repetición de código o nombre de elementos en una misma tabla, durante el proceso de inclusión.
- Recursos de búsqueda en tabla utilizando la primera letra (del nombre o del código, dependiendo de donde esté puesto el cursor) y a través de la palabra con un determinado número de dígitos (recomendable 10) introducidos total o parcialmente.
- Uso de teclas de fácil comprensión para la actualización de elementos en la tabla, como [INS] para inclusión, [DEL] para exclusión y [ENTER] para alteración, o a través de los íconos correspondientes. En el caso de exclusiones, el sistema deberá impedir que el usuario borre del archivo de la tabla elementos que ya hayan sido aplicados en códigos.
- Posibilidad de impresión de la ordenación que se encuentre en pantalla. En este caso debe también ser permitido, al usuario, "filtrar" la tabla para una letra o una palabra.
- Alteración, en todos los archivos, del nombre de los elementos de la tabla que eventualmente sean corregidos.
- Asociación, a través de la tabla de informaciones que, de acuerdo con las rutinas internas de la empresa, son relacionadas a los elementos listados, como por ejemplo: Centro de Costos asociado a la Unidad de Producción o al Sistema Operacional o al Sector.

CAPITULO 3

EL BANCO DE DATOS DE MANTENIMIENTO

Parte a

3.1. Inventario y Catastro

Ya se indicó, que para implantar un sistema de control del mantenimiento, es recomendable iniciar el proyecto de recopilación de datos, con la identificación de los elementos que componen la instalación industrial o de servicios, su localizacion y utilidade. Este conjunto de informaciones, llamado **Inventario,** correlaciona cada equipo con su respectiva área de aplicación, función, centro de costos y posición física o geográfica en el área de producción y ofrece ayudas al personal de la gerencia, para el dimensionamiento de los equipos de operación y mantenimiento, cualificación necesaria al personal, definición de instrumentos, herramientas y máquinas, además de la proyección del plan general de construcción y distribución de los talleres de apoyo.

Una vez identificados los equipos que componen la instalación, los registros se complementan, en la medida de lo posible, en base a un estándar, con la demás informaciones las cuales deben ser suficientemente amplias para absolver consultas de especificación, fabricación, adquisición, traslado, instalación, operación y mantenimiento. A este conjunto de información la llamamos **Catastro**, que es definido como:

"Registro del mayor número de datos posibles de los equipos, a través de formularios o pantallas estandarizadas, que archivados(as) de forma conveniente, posibiliten el acceso rápido a cualquier información necesaria, para: mantener, comparar y analizar condiciones operativas, sin que sea necesario recurrir a fuentes diversas de consulta".

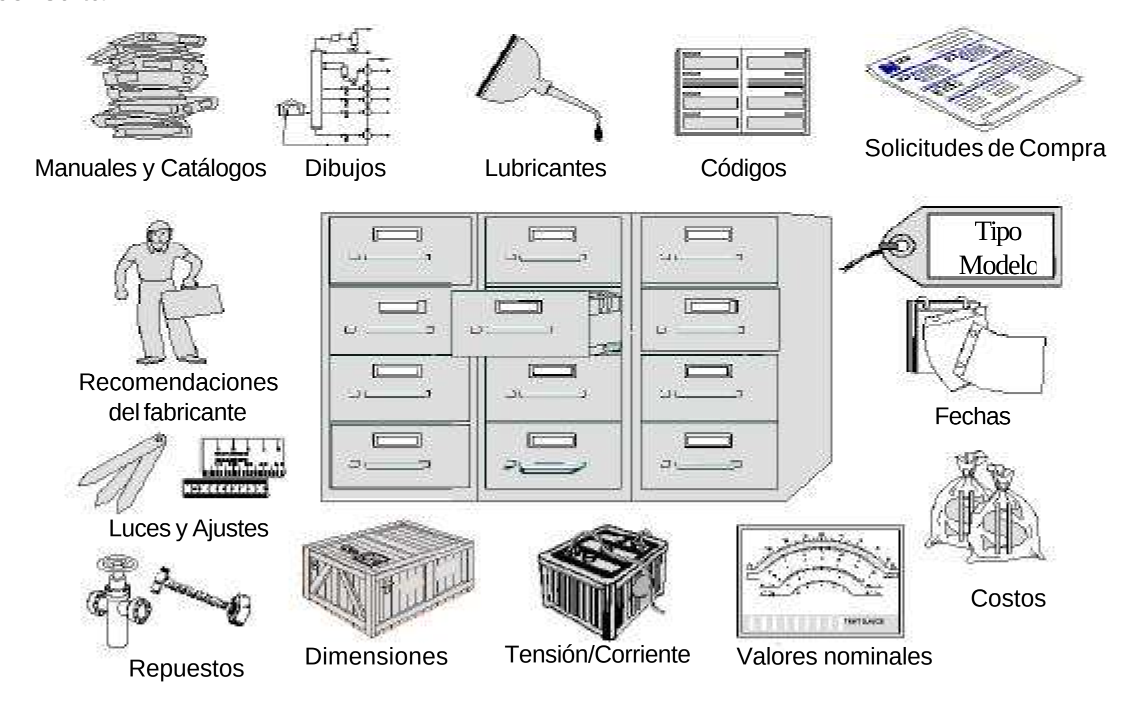


Figura 16 - Catastro de equipos

Por lo tanto, el catastro deberá reunir para cada tipo de equipo: los datos de construcción (manuales, catálogos y diseños), de compra (adquisición, solicitudes, presupuesto, fechas y costos), de origen (fabricante, proveedor, tipo y modelo), de transporte y almacenamiento (dimensiones, peso y recomendaciones), de operación (características normales y límites operativos) y de mantenimiento (lubricantes, repuestos generales y específicos, curvas características, recomendaciones de los fabricantes, límites, holguras y ajustes).

Actualmente la concepción de la recopilación de datos de catastro, está presentando mejoras con la evolución de los criterios de planeación y control de mantenimiento. Los primeros formularios desarrollados para esa finalidad, tenían la configuración de una tarjeta impresa con información genérica y aplicada a cualquier tipo de equipo, donde los datos generales y específicos aparecían mezclados y algunos indefinidos.

En la secuencia evolutiva, el reverso de la tarjeta pasó a ser utilizada para el registro del historial, a través de dos columnas, una para la fecha y otra para la descripción de la ocurrencia.

A partir de esa concepción, surgió la tarjeta de Catastro e Historial, con el cuidado de indicar en la primera columna la descripción de la ocurrencia y en las siguientes, las fechas en que la misma sucedía. Ese esmero trajo como ventajas adicionales, el evitar la repetición de la misma ocurrencia varias veces, facilitando la visualización de aquellas que presentaban mayor incidencia, además de realizar algunos aciertos en la disposición de datos, lo que también, permitía facilitar la búsqueda en cuatro formas: Número del archivo, Código de Catastro, Número Individual del Equipo y Código de Equipo.

Con la utilización de la computadora en el proceso de control del mantenimiento, surgió la idea de asociar el catastro de equipos, a sus respectivos repuestos de uso específico y de uso común. Y el órgano de mantenimiento pasó a utilizar, para el Código de Catastro, la misma estructura de codificación del órgano de administración de material. Como consecuencia de esa fusión, el Código de Catastro pasó a representar una "familia" de equipos del mismo fabricante, tipo y/o modelo y surgió la propuesta de separar los datos comunes de los datos específicos de los equipos durante el catastro.

Por lo tanto, al "Código de Catastro" (o "Código de Familia") pasaron a ser asociadas las características administrativas y técnicas de la familia de equipos. Considerándose que en una instalación industrial que tuviese "x" bombas iguales, sería suficiente la compilación de apenas un grupo de registros.

En los registros de datos específicos, el código de catastro fue asociado al número de identificación que individualizaba cada equipo de la instalación. Ese número de identificación podía ser el número de serie suministrado por el fabricante, o el número que recibe del órgano de control de bienes patrimoniales de la empresa, o en el caso de ausencia de ambos, un número secuencial dado por el propio sistema, que es impreso o troquelado en el equipo. Tal número de identificación caracteriza un conjunto de datos individuales a cada equipo y así, para el ejemplo considerado, sería necesario compilar "x" formularios de datos específicos, uno para cada bomba de la instalación.

Tanto en los datos generales (o comunes) como en los datos específicos, existen registros de naturaleza administrativa (fechas, costo, números de documentos, localización etc.) y de naturaleza técnica, entre las cuales se destaca su función en el proceso o servicio.

La correlación entre el código de catastro, el número de identificación y el código de posición operativa ("tag" o código de equipo), permite la obtención de información para una "familia " de equipos (código de catastro) o para un equipo específico (número de identificación), o para los equipos que operan en una determinada localización de la instalación (código de equipo), lo que representa una inmensa ventaja para el análisis y decisión de los gerentes de mantenimiento.

Se ha de ilustrar esta ventaja con el siguiente ejemplo: suponiendo que en una planta existan tres compresores de iguales características, todos importantes para el proceso productivo y, por esta razón se tiene en el almacén, uno de reserva para una rápida sustitución. Si uno de los compresores queda inoperante, es sustituido inmediatamente por el de reserva, mientras el primero va para reparación.

Los cuatro compresores (tres en operación y uno de reserva), por tener las mismas características de fabricación, recibieron el mismo Código de Catastro, "A", mientras cada uno tiene su Número de Identificación "1", "2", "3", "4", y un Código de Posición Operativa, "a", "b", "c", "d". Si el compresor que dejó de funcionar fue el número "2" y fue sustituido por el número "4", se tendrá la situación indicada en la Figura 17.

Epoca	***N^{o}. Identific.***	***Código Catastro***	***Código Equipo***	***Situación***
ANTES DE LA SUSTITUCION	*1*	*A*	*a*	*En Operación*
	2	*A*	*b*	*En Operación*
	3	*A*	*c*	*En Operación*
	4	*A*	*d*	***Almacén***
DESPUES DE LA SUSTITUCIÓN	*1*	*A*	*a*	*En Operación*
	2	*A*	*e*	***Taller***
	3	*A*	*c*	*En Operación*
	4	*A*	*b*	*En Operación*
DESPUES DE LA REPARACION	*1*	*A*	*a*	*En Operación*
	2	*A*	*d* (ojo)	***Almacén***
	3	*A*	*C*	*En Operación*

	4	*A*	*b* (ojo)	*En Operación*

Figura 17 - Correlación entre el número de identificación y los códigos de catastro y equipo

Existiendo la necesidad de un análisis de ocurrencia con este tipo de equipo, los gerentes de mantenimiento pueden solicitar el registro de las incidencias por el código de catastro, que incluirá los cuatro compresores (A), y mostrará el tiempo que operaron, el tiempo que uno de ellos estuvo en reparación y la sustitución en el almacén; o por el código de equipo (por ejemplo - b), que mostrará el comportamiento de los compresores que actuaron en aquella posición operativa de la instalación (en este caso los compresores 2 y 4); o por el número de identificación que mostrará el comportamiento de uno de los compresores elegido.

Con el recurso de la utilización de una red de computadoras personales, el catastro puede ser efectuado aportando la información directamente al sistema informatizado, sin que sea necesario el desarrollo de formularios para esa finalidad. Con esta modalidad, es necesario analizar la composición de las "pantallas", que auxiliarán a los usuarios en la alimentación de datos, para formación de los archivos relativos a los equipos instalados y, con el auxilio de las tablas (tanto para los datos administrativos como técnicos), el sistema ayuda al usuario en la compilación de cada campo.

Las técnicas modernas de composición de banco de datos, permiten que el usuario visualice los nombres de los equipos, evitando de esta manera, la necesidad del conocimiento de esos códigos, que quedaran limitados al trabajo de procesamiento por la computadora, aumentando así, su desempeño y reduciendo tiempos de búsqueda - Figura 18.

CATASTRO DE EQUIPOS	
NOMBRE	**IDENTIFICACION**
BOMBA ALTERNATIVA DE DESAGÜE #1	2536
BOMBA ALTERNATIVA DE DESAGÜE #2	2537
BOMBA DE AGUA CALIENTE #1	5576
BOMBA DE AGUA CALIENTE #2	5577
BOMBA DE AGUA DE SERVICIO #1	3354
BOMBA DE AGUA DE SERVICIO #2	3355
BOMBA DE AGUA DE SERVICIO #3	3356
BOMBA DE DRENAJE #1	2985
BOMBA DE DRENAJE #2	2986
BOMBA DE DRENAJE #3	2987
BOMBA DE VACIADO #1	4298
BOMBA DE VACIADO #2	4299

FIGURA 18 - Pantalla de selección para consulta de equipos registrados.

En las Figuras 19 y 20 se muestran modelos de pantallas con Catastro General y Catastro Específico.

CATASTRO DE FAMILIA DE EQUIPOS

COD. "FAMILIA": CA.MS.01	**EQUIPO**: COMPRESOR DE AIRE N° 1
FABRICANTE: MAUSA S.A.	**TIPO/MODELO**: P/25-10-S
ORIGEN FABR.: PIRACICABA	**PROVEEDOR**: ENGIN S.A.
ORIGEN PROVEEDOR: S.PAULO	**ALMACENAMIENTO**: PRENDIDO PARA CALENTAMIENTO
REFERENCIAS: MANUALES MS-2Y-356/90 y MS-3J-374/89	
PLANOS: MS-3789-R3 y MS-3801-R2	
MEDICIONES: Largo: 1350 mm Anchura: 700 mm Altura: 800 mm Peso: 390 Kg	

Datos Técnicos Generales

PRESION MAXIMA 15O Lb, PRESION ESTATICA 40 Lb

CAPACIDAD: 25 pies3/min

TANQUE DE FORMA CILINDRICA CON 1200 mm DE LARGO

Figura 19 - Modelo de pantalla de Catastro General de equipos.

CATASTRO ESPECIFICO DE EQUIPOS

COD."FAMILIA": CA.MS.01	**FABRICANTE**: MAUSA S.A.
COD.EQUIPO:1.G2.AR.CA.01.B	**EQUIPO**: COMPRESOR DE AIRE SERVICIO 1
IDENTIFICACION:153,829	**UBICACION**: GALPON 2 - JUNTO TURBINAS
Nº SOLICITUD COMPRA: 237,557/92	**FECHA DE SOLICITUD**: 15/04/92
Nº REQUISITO: 117,669/92	**FECHA REQUISITO**: 21/04/92
Nº ORDEN PROVEEDORES: EG-11.244/92	**FECHA DE RECEPCION**: 29/04/92
FECHA INICIO OPERACION: 22/07/92	**COSTO**: US$ 3,820.00

Datos Técnicos Específicos

MOTOR ARNO MODELO 34-ZT3; 10 HP; 4 POLOS; 60 HZ; 220/380/440V

TOMA Y COMPRESION DE AIRE HECHA POR DOS PISTONES

FUNCION: ALIMENTACION DE LOS PISTONES Y VALVULAS TIPO DIAFRAGMA DE LAS TURBINAS PARA OPERACION AUTOMATICA

etc.....

FIGURA 20 - Modelo de pantalla de datos de Catastro Específico de equipos.

Los archivos de catastro general y de catastro específico, pueden ser independientes (en este caso, correlacionados por el código de catastro) o comunes (en este caso, con el recurso de "duplicación de datos") o sea, la compilación de datos iguales de un nuevo equipo, es hecha sobre los datos de otro existente con las mismas características de construcción - Figura 21.

CATASTRO DE EQUIPO

Equipo: Compresor de aire #1	"FAMILIA": CA.MS.01
Fabricante: MAUSA S.A	TIPO/MODELO: P/25-10-S
Origen del Fabricante: Piracicaba - BR.:	Proveedor: ENGIN S.A.
Condición de Almacenaje: Prendido para calentamiento	
Referencias: Manuales MS-2Y41/90 (A5/E4) y MS-3J74/89 (A3/E1)	
Planos: MS-3789-R3 (A2/G3) y MS-3801-R2 (A2/G2)	
Medidas: Largo: 1350 mm Ancho 700 mm Altura: 800 mm Peso: 390 kg	
Planta: Fábrica de San José	Código de Equipo: SJ.G2.AC.CA.01.B
Ubicación: Galpón 2 - Junto a las turbinas	Nº Identificación: 153 829
Sistema Operacional: Aire Comprimido	Clase: B
Costo: US$ 3,820.00	Inicio de Operación: 22/07/92

DATOS TECNICOS

FIGURA 21 - Modelo de pantalla de datos de catastro

En esta condición, todos los datos serán almacenados en un único archivo. Nótese que esa opción genera archivos con datos repetidos lo que, actualmente, con la alta capacidad de los discos rígidos y la alta velocidad de procesamiento de las computadoras, dejó de ser un inconveniente.

Es común en los sistemas modernos, que el usuario, pueda registrar componentes de equipos y crear un árbol jerárquico de esos componentes con relación al equipo, al sistema operacional y a la propia planta. De esta forma, además de la posibilidad de consulta por "familia" o por individuo, podrán también ser hechas para todos los equipos de una planta o de un sistema operacional. Obviamente también podrán ser hechos filtros para consultas de datos de un determinado componente de un equipo, o de componentes de igual naturaleza de varios equipos.

La compilación de datos de catastro debe ser de simple operación, donde el sistema sea capaz de abrir automáticamente la tabla correspondiente de cada dato a ser registrado, en el caso de "inclusión" o "modificación" y sobre la información a ser tratada en el caso de "consulta", recordando que, normalmente el usuario no tiene conocimientos de informática y de esta forma no tendrá acceso al programa para adaptarlo a sus necesidades.

La separación de los registros en dos grupos de datos de catastro (común y específico) trae como ventaja adicional la posibilidad de establecer la correspondencia entre las "familias" y los repuestos a ésta aplicados - Figura 22.

MATERIAL APLICABLE A EQUIPO			
COMPRESOR DE AIRE WORTHINGTON ALTERNATIVO TIPO HB8X9		**Fecha 30/01/99**	
1 Cilindro, Presión de Servicio 80/100 PSI, Capacidad 5.4 m/min, Construcción Horizontal, Doble Efecto, 75 RPM, Refrigeración a agua, Accionamiento por motor de inducción Arno E-180, 440VCA, 60HZ, 40CV, **1760 R.P.M. Operación "Master control" 20, 15A, 110V**			
Nombre del Repuesto	Proveedor	Cód. Proveedor	Cód. Empresa
ANILLO DE COMPRESION	WORTHINGTON S.A.	BR-7421	03.CA.5610
	WORTHINGTON CO.	RP 180	
ANILLO PISTON REGULADOR	WORTHINGTON S.A.	BR-7429	03.CA.5641
	WORTHINGTON CO.	7-4-2	
BIELA EN 2 PARTES	WORTHINGTON S.A.	BR-1888	03.CA.0155
BOBINA P/VV.SOLENOIDE 317A	AUTOMATIC SWITCH	27-762-18	03.CA.1283
BOBINA P/VV.SOLENOIDE 8210	AUTOMATIC SWITCH	96-619-18	03.CA.1882
CIRCUITO INTEGRADO	SIEMENS AG	FLH131	73.EO.7036

	DOBLE ENG. CO.	N7430A	
	TEXAS INSTR. INC.	SN740	

FIGURA 22 - Modelo de pantalla de correlación de datos de catastro con repuestos

Además de las críticas, por el sistema, respecto del tamaño de los campos, en el aspecto de su composición, incluyendo el tipo de carácter a ser usado (numéricos y/o alfabéticos, mayúsculas y/o minúsculas, símbolos gráficos y matemáticos) y fechas (número de días en el mes, los años bisiestos y cronología), debe ser previsto el uso de las teclas de función para la búsqueda de tablas, que auxiliarán al usuario en la composición de los códigos.

La emisión de los listados de catastro podrá ser efectuada para uno, algunos o todos los equipos, de acuerdo a la necesidad del usuario (filtro). Análogamente, deberá ser prevista la emisión de estas listas bajo varios requerimientos, de acuerdo con la definición hecha durante la fase de Proyecto del Sistema.

Tanto en el Catastro por el Sistema Manual, como en los Sistemas Automatizados o por Computadora, podría ser necesario definir los criterios de arreglo de la información archivada, de las listas emitidas por la impresora y/o a través de la pantalla.

Entre las varias opciones de agrupación de la información objetiva facilita el análisis, cono el los ejemplos:

Agrupación por línea de producción
Agrupación por tipo de equipo;
Agrupación por área geográfica;
Agrupación por unidad de producción;
Agrupación por importancia operacional;
Agrupación por unidad móvil.

Es frecuente que se realice, en una misma empresa, la consulta de datos de catastro bajo diferentes formas de agrupación; cuando esto sucede en el catastro por el sistema manual, el proceso de archivo se torna más complejo, existiendo la necesidad de composición de nuevas tablas auxiliares de periodicidad, y en algunos casos, duplicidad de registros. En el catastro a través de sistemas automatizados, estas inconveniencias son eliminadas, puesto que, a través de programas adecuados, la computadora presentará la información bajo diferentes formas de agrupación, en función de la necesidad y deseo del usuario.

No habiendo una definición previa por parte de los usuarios, respecto a la forma de archivo y emisión de informes de catastro, los proyectistas deberán elegir los criterios a ser adoptados la agrupación de la información, tomando como base el proceso adoptado, el detalle de los formularios, la importancia operacional de los equipos, los órganos y niveles de gestión a ser atendidos y la movilidad de los equipos.

El comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, actualmente está desarrollando una correlación de datos técnicos y administrativos asociados a cada tipo de equipo, para facilitar la composición de los archivos de catastro de sistemas en implementación.

3.2. Instrucciones de Mantenimiento y Recomendaciones de Seguridad

Para normalizar los servicios de las actividades programadas del mantenimiento, es recomendable el desarrollo de **Instrucciones de Mantenimiento,** orientando objetivamente la ejecución del mantenimiento en esas actividades para evitar que alguna tarea sea omitida por desconocimiento u olvido - Figura 23

Estas instrucciones, deben ser desarrolladas, aprovechando el conocimiento del personal técnico de ejecución , con más experiencia y las recomendaciones de los fabricantes y montadores, indicaciones de los catálogos, manuales, diseños y referencias de profesionales con experiencia de otras empresas similares, relativas a cada equipo.

Cada línea de instrucción es conocida como "tarea". Por lo tanto, una instrucción de mantenimiento es un conjunto de tareas una vez compuestas, es recomendable que se estime su valor en horas-hombre para su ejecución, el cual es conocido como "tiempo patrón".

INSTRUCCION DE MANTENIMIENTO	CH7
EQUIPO: CHILLER	ACTIVIDAD: PREVENTIVA SISTEMATICA
SECTOR: MECANICO	TIEMPO PATRON: 2.0 H. hora
INSTRUCCIONES	
1) Servicio ejecutado con el área eléctrica e instrumentación	
2) Inspeccionar estado de conservación; corregir si es necesario;	
3) Inspeccionar conexiones por eventuales pérdidas; corregir si es necesario	
4) Inspeccionar válvulas de bloqueo; corregir e indicar anormalidades	
5) Verificar suspensión libre del compresor; retirar la traba del carril si es necesario	
6) Verificar tornillo de fijación compresor/carril; apretar si es necesario	
7) Verificar estado/nivel del aceite lubricante; completar/cambiar si es necesario	
8) Verificar visor de la unidad línea de refrigeración; si no está verde cambiar el filtro	
9) Verificar el controlador de estados; ajustar el control. Temperatura. Registrar medición.	
10) Verificar presostatos del compresor; ajustar si es necesario. Registrar medición.	
11) Inspeccionar manómetros alta/baja presión; corregir anormalidades	
12) Inspeccionar manómetros entrada/salida agua/aire; corregir indicando anormalidades.	
13) Inspeccionar termómetros entrada/salida agua/aire; corregir indicando anormalidades	
14) Verificar existencia de ruidos anormales; corregir si es necesario.	
15) Verificar presión/temperatura de salida; corregir si es necesario. Registrar medición	

Figura 23 - Modelo de instrucción de mantenimiento.

El "tiempo patrón" debe ser ajustado a la realidad, en la medida en que sean obtenidos los datos reales de cada actividad. Una forma simple de efectuar este ajuste es utilizar el valor medio entre el existente en el archivo y el obtenido en la realidad.

Como una refinación para evitar ajustes indebidos del "tiempo patrón", el sistema puede contener un "desvío patrón" definido por el usuario, o sea, un porcentaje sobre el valor del "tiempo patrón" que cuando sea superado (más o menos) excluye el ajuste del tiempo existente. El uso del "desvío patrón" impide el reajuste de tiempos estándares en caso de anomalía en la ejecución del mantenimiento, como por ejemplo: la fractura de un tornillo al retirar su tuerca.

Las instrucciones pueden ser de carácter genérico o específico, en función al nivel de detalle deseado. Una instrucción de mantenimiento de carácter genérico, no detalla los puntos de ejecución de cada etapa de la tarea que describe y, puede ser utilizada para la ejecución de la misma actividad en cualquier equipo de iguales caracte-

rísticas operativas; mientras que la Instrucción de Mantenimiento de carácter específico, indica en forma detallada las tareas a ser ejecutadas, normalmente sólo útil al equipo para la cual fue elaborada.

Ya se encuentran en desarrollo, las bibliotecas de tareas de mantenimiento (para la composición de las Instrucciones de Mantenimiento) que serán asociadas al componente del equipo. La utilización de estas bibliotecas, facilitará a las empresas, la implantación de sus actividades programadas de mantenimiento.

Como variante de las instrucciones de mantenimiento, existen los archivos de **Recomendaciones de Seguridad,** normalmente asociados a la naturaleza del equipo y que tienen por finalidad, evitar actos inseguros durante la ejecución del mantenimiento o el mantenimiento en condiciones inseguras.

3.3. Programación del Mantenimiento

Se llama Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo, al proceso de correlación de los códigos de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, datos de medición, centros de costos, códigos de material y cualquier otro dato, juzgado por el usuario como necesario para actuar preventivamente en los equipos.

El montaje tradicional del Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo, en el sistema de control manual ocurre a través de mapas, donde son registrados: en la primera columna, el código de localización (código de equipo), es correlacionado en las columnas siguientes, con el: nombre del equipo, los códigos de instrucción de mantenimiento y la página de registro de datos, el órgano responsable por el mantenimiento y la periodicidad. Este conjunto es seguido por 52 columnas, una para cada semana del año, donde son pintadas las mitades de las casillas (o puestos alfileres marcadores), de las semanas previstas para la realización de los servicios programados, de acuerdo con la periodicidad establecida para cada equipo. La otra mitad de estos cuadros se completa con otro color, cuando el servicio es ejecutado (en la semana prevista, anterior o posterior), o usando el mismo color de la programación en el caso de reprogramaciones, o aun, usando un tercer color en el caso de la cancelación del servicio previsto. Dicho mapa puede ser montado para una programación anual o de más años, cuando posee varios conjuntos de 52 columnas, uno para cada año. La figura 24 ilustra un modelo de mapa de programación anual.

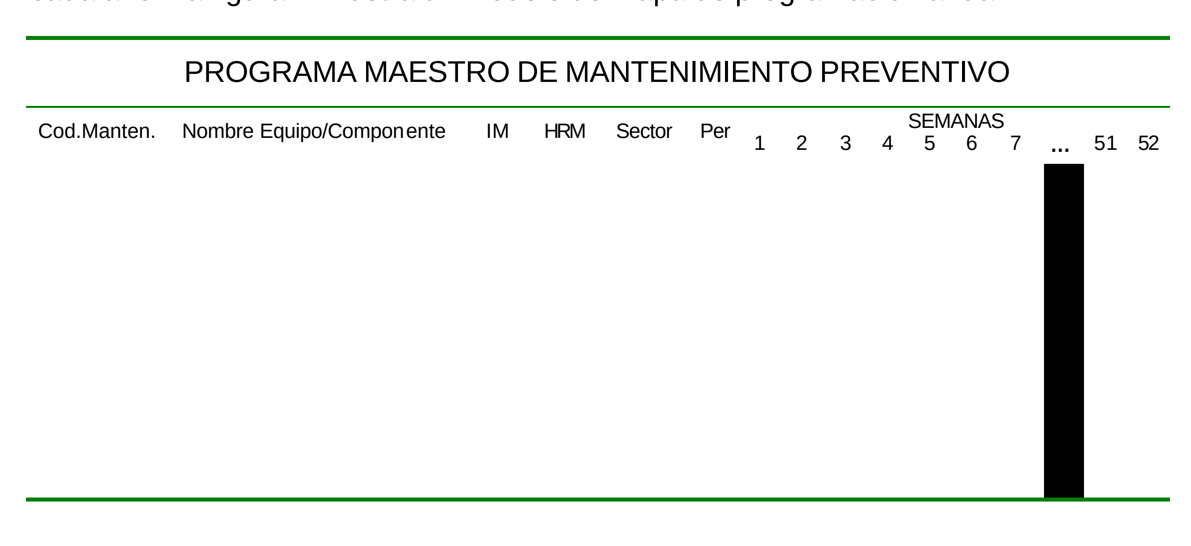




Figura 24 - Mapa de programación de anual de mantenimiento con 52 columnas

Eventualmente, el conjunto de las seis primeras columnas, puede ser reducido o ampliado, en función de la supresión de uno o más correlaciones, o de la interacción con otra información juzgada necesaria por los usuarios, como: los códigos de los centros de costo, las estimativas de gasto en mano de obra etc.

Este mapa presenta, como gran desventaja, la posibilidad de error debido a su gran extensión, pues puede ocurrir que el usuario durante la búsqueda de los equipos a ser mantenidos en una determinada semana, se equivoque en la correlación de ésta con los respectivos equipos por cambio de línea, especialmente en el caso de aquellas que están colocadas al final del mapa.

Es común la elaboración de más de un mapa de programa maestro, siendo uno para Mantenimiento Preventivo Sistemático (para periodos iguales o superiores al trimestre con desmontaje total o parcial del equipo), otro para mantenimientos de rutina (para lapsos de tiempo inferiores al trimestre y generalmente sin desconexión del equipo, donde en lugar de codificar la instrucción de mantenimiento se realiza una descripción resumida de la actividad a ser ejecutada) y un tercer mapa para lubricación, cuyas columnas indican la parte del equipo a ser lubricado, tipo de lubricante, código, cantidad de lubricante a ser adicionado, número de puntos a ser lubricados, tipo de servicio a ejecutar entre las opciones de adicionar, analizar y cambiar y por último, la periodicidad, que es seguida por las columnas para las semanas o meses, siendo en este caso registrado en la casilla el día de la semana y el mes, en que el servicio deberá ser ejecutado.

Normalmente al final de cada semana, los encargados de los sectores de mantenimiento, o el responsable por el control de programación, controlan en el mapa los servicios previstos para la semana siguiente y los registran en formularios de programación semanal, uno para cada sector, los cuales son discutidos en la reunión de evaluación de esas actividades, especialmente en lo que se refiere al relacionamiento interno entre diferentes sectores.

Una forma de transformar el mapa de programación, en más compacto y consecuentemente de simple manejo y con menor posibilidad de error en la búsqueda de los equipos programados, es la sustitución de las 52 columnas por una sola, donde se escribe el número de la semana o semanas, en el caso de periodos inferiores a un año, manteniendo la información del mapa indicado anteriormente.

Normalmente son necesarias otras columnas, además de aquella adicional a la de programación, para permitir registros de reprogramación (semana y motivo), una vez que los mantenimientos realizados de acuerdo con la programación son identificados sobreponiendo un "X" sobre el número de la semana prevista.

La utilización de este proceso de programación, trae como desventaja el perjuicio en la visualización de las actividades ejecutadas, reprogramadas, pendientes y canceladas, sin embargo, además de la ventaja de eliminar los errores de selección arriba identificados, facilita el manejo cuando los formularios pueden ser encuadernados

armando el libro base de programación, que puede ser hecho en varias reproducciones para su distribución a los encargados.

El "NSFI - Norwegian Ship Research Institute" (Instituto de Investigación de la Marina Noruega), desarrolló un sistema de programación manual que denominó "TSAR - Time Scheduling and Recording", que tiene como base un panel plástico con varias ventanillas donde son colocadas tiras de cartones coloridos en forma de "T", una para cada equipo, donde se registran los datos necesarios al mantenimiento programado de esos equipos.

En caso de que el panel plástico sea montado para la programación del mantenimiento, usando como unidad de periodicidad la semana, es recomendable que tenga, además de las 52 columnas, dos o tres más para los principales tipos de prorrogas de tal actividad, como ejemplo: liberación del equipo para la operación, servicio a ser ejecutado durante una gran reparación, aguardando pieza de repuesto, etc.

La gran variedad de colores de las tiras "T", permite que el órgano de planeación y control de mantenimiento, caracterice a los sectores responsables por el mantenimiento, o las unidades de mantenimiento o las clases de los equipos o aun otra característica juzgada de mayor importancia, para su identificación inmediata.

El uso de este panel, facilita la reprogramación de mantenimiento en el mismo año, siendo suficiente cambiar la posición de la tira de una columna por otra. También es más práctico que los otros métodos manuales, ya que dispensa algunas otras referencias, pues algunos datos necesarios para mantenimiento pueden ser escritos en el anverso y reverso de la tira. Sin embargo, esta tarjeta no permite el uso del Registro de Medición o de Variación de las especificaciones de origen, especialmente en caso que se desee implementar el control Predictivo del Mantenimiento a mediano o a largo plazo.

En el sistema de control informatizado, no existe necesidad de elaborar mapas, cartones o tiras. Toda la información es archivada en la computadora, la cual, semanalmente (o diariamente) emite la relación de los servicios a ser ejecutados bajo dos formas: listados para seguimiento de las actividades programadas por el supervisor y solicitudes de trabajo parcialmente compiladas para el uso del ejecutante. Se hace necesario solo un sistema de retorno de informaciones de los mantenimientos ejecutados integral o parcialmente, o reprogramados, lo que puede ser echo a través de la compilación de algunos registros de la propia Orden de Trabajo.

El establecimiento de criterios de programación, tomando la semana como unidad de periodicidad, puede traer la siguiente dificultad en el cálculo automático por el sistema, para la periodicidad mensual y bimensual:

> Una vez que el número de días del mes (30, 31 y 29 en los años bisiestos) no es múltiplo del número de días de la semana (7), se tendría siempre 13 intervenciones mensuales por año, debido a la consideración de que un mes tiene 4 semanas y eventualmente casi 7 bimestres (8 semanas en cada uno).

Para resolver este problema pueden ser utilizadas una de las siguientes alternativas:

1) Eliminar 4 semanas del año, unidas o separadamente (en el caso de eliminar semanas intercaladas, se sugiere suprimir los múltiplos de 13). En este caso, el año pasaría a tener, para efecto de programación 48 semanas y así, la periodicidad sería calculada considerando: la mensual como múltiplo de 4, la bimestral

como múltiplo de 8, la trimestral como múltiplo de 12, la semestral como múltiplo de 24 y la anual como múltiplo de 48.

2) Trabajar con el calendario "juliano" y en este caso la programación sería hecha por el número de la semana del mes (ejemplo: 3ª semana de mayo).

Es evidente, que existe la alternativa de que el usuario, marque manualmente todas las semanas que desee y que las intervenciones sean efectuadas, en función del período previsto la para ejecución del trabajo. Sin embargo, en virtud de que ese trabajo sea efectuado solamente una vez, para algunas empresas puede ser compensador utilizar esta opción.

Naturalmente, de acuerdo con criterios de cada empresa, nuevas correlaciones de equipos (o componentes), pueden ser agregadas o suprimidas del Programa Maestro, recordando que, con excepción de los datos de catastro, hasta la composición de la programación, la computadora desconoce las correlaciones indicadas, y esas correlaciones inducirán las responsabilidades burocráticas de búsqueda, tras la implantación del Sistema.

Análogamente al catastro, la programación de mantenimiento desarrollada por computadora personal, puede ser subdivida en módulos con las siguientes finalidades: actualización de las tablas de programación; de las instrucciones de mantenimiento; del programa maestro de mantenimiento preventivo; emisión de listados de programación; emisión de órdenes de trabajo de actividades programadas y emisión de órdenes de trabajo de actividades no programadas.

Para evitar que el usuario tenga necesidad de recurrir al listado de las tablas, o tenga que memorizar todos los códigos para efectuar una actualización de programación, el sistema puede, abrir las tablas correspondientes, a medida que el usuario vaya introduciendo los datos de programación, enseguida, el mismo usuario, a través de barrer con el "Mouse" selecciona el elemento de la tabla que desea incluir o alterar.

En la Figura 25, se presenta un modelo de pantalla con los datos existentes en una programación seleccionada.

PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
EQUIPO:	1G2TBCA1B	NOMBRE:	COMPRESOR DE AIRE #1
TABLAS COMPLEMENTARES	RC	COMPONENTE:	ROTOR Y ARMAZÓN
	S	ACTIVIDAD:	PREV. SISTEMÁTICA
	M	SECTOR	MECANICO
INSTR. MANTENIMIENTO	CA2	TÍTULO	COMPRESOR DE AIRE - MEC.
REC. SEGURIDAD	EP1	TÍTULO	EQ. NEUMÁTICO
REG. MEDICIONES	CA1	TÍTULO	COMPRESOR DE AIRE - MEC.
CENTRO DE COSTO	105015	ÁREA	TALLERES
Periodicidad SEMESTRAL 1ª SEM. 09/1999	Criticidad 2 Sem.	Límite Ex. 12 Sem	
CÓDIGO DE MATERIAL	1289624502	1 pc	RODAMIENTO XXXXXX
	7734681001	3 lt	ACEITE YYYYYY
	7734680995	100 g,	GRASA ZZZZZZ

RECURSOS HUMANOS	M3	1	MECÁNICO 3
	M1	1	MECÁNICO 1
	Etc..		
MAQUINAS y HERRAMIENTAS	ML	1	MEDIDORES DE LUCES
	TQ	1	TORQUIMETRO
	Etc...		

Figura 25 - "Pantalla" de actualización de datos de programación

El sistema debe permitir la emisión de listados ordenados: por el nombre del equipo o componente, por el código, por las semanas, o cualquier otra ordenación deseada por los usuarios.

Dentro del orden posible de las listas de programación, se resaltan:

por orden alfabético de equipos o de componentes;
por orden de semana;
para una semana específica - emitida para el Supervisor de Mantenimiento, para el seguimiento de las actividades programadas para una semana elegida.

De los ejemplos aquí ilustrados, se nota que podrían ser emitidas listas ordenadas por cualquiera de las columnas que componen el programa maestro de mantenimiento preventivo, siendo una de las más interesantes la del Código de Material, pues permite visualizar la intercambiabilidad de los componentes o piezas que reciben el mismo código.

3.4. Recolección de Datos - Recomendaciones

Antes de definir cual información debe ser reunida, se ha de abordar algunas recomendaciones, obtenidas a través de la experiencia práctica, que se consideran fundamentales para que se pueda confiar en los datos obtenidos:

- Aclaración al personal de ejecución, respecto a la finalidad de la recolección de los datos.

  Al presentar esta recomendación se sugiere que el proyecto y desarrollo de los mecanismos de recolección de datos, sea hecho con la participación directa del personal de ejecución en todos los niveles, tanto en el aspecto de exposición, como de captación de ideas sobre el proceso a ser utilizado y los resultados pretendidos. Existe mayor probabilidad de éxito, cuando los que vayan a suministrar la información, hayan participado en el proyecto de desarrollo o adaptación del sistema a sus necesidades.

- Simplicidad de diligenciamiento de los documentos o "pantallas" en la recolección de datos.

  En el caso de registro en formularios, tratar cuando sea posible, que la información se encuentre previamente impresa, de manera que el registro sea efectuado marcando con una "X" la opción elegida. En caso del registro a través del teclado de la computadora o terminal, la propia computadora deberá auxiliar a el usuario a través de "pantallas" de consulta y utilización del cursor a través del "ratón".

- Nítida definición de lo que deberá ser analizado antes de implementar el proceso.

  Esta recomendación, tiene por objeto evitar que sea realizada la recolección de datos innecesarios, sobrecargando el trabajo y sin obtener un fin definido o con detalles innecesarios. Se debe recordar que todos los datos que se reúnan y procesen, posteriormente deben ser analizados obteniendo mejorías en las condiciones de trabajo del personal y de los equipos además de la reducción de costos.

- Reducir al mínimo posible, la cantidad de modelos de formularios a ser diligenciados.

  Buscar estandarizar la información en todos los sectores del mantenimiento para evitar que cada uno cree sus propios formularios, lo que encarecería el procesamiento de datos, tanto en el sistema de control manual como el automatizado

- Evitar que la recolección de datos implique la interrupción en la ejecución de los servicios, o trabajo adicional excesivo para el personal de ejecución del mantenimiento.

  Es recomendable que el encargado del servicio sea el que haga los registros de historial, sin embargo, los otros registros deben ser hechos por cada responsable del suministro de los datos o sea, los ejecutantes del mantenimiento hacen los registros de sus tiempos ocupados, los bodegueros hacen los registros del material aplicado en cada Orden de Trabajo, los operadores hacen el registro de indisponibilidad y pérdida de producción y el área de recursos humanos hace los registros de disponibilidad de personal y respectivos costos, recordando que todos deben estar conscientes de la importancia de tales datos.

- Capacitar de manera adecuada a los responsables por la recolección de datos.

  En caso de utilización de formularios, que serán posteriormente digitados, orientar a los responsables por los registros, en lo referente a la utilización de letras de imprenta: cortar la letra "Z" y el número "0", para evitar que se confundan con el número "2" y la letra "O". También, en lo referente al llenado de la información en los lugares correctos, para facilitar el trabajo de los digitadores y reducir los errores de transcripción de los datos. En el caso de transferencia directa de la información a través de la terminal o en computadora personal, se debe orientar en cuanto a la dimensión de los campos y limitaciones relativos al uso de caracteres.

- No procesar informes por computadora inmediatamente después que se implante un sistema automatizado.

  En el caso del cambio de sistema de control manual para automatizado, analizar atentamente los primeros formularios completados, antes de enviarlos a digitación, solicitar emisión de las listas de verificación de los datos, hasta tener seguridad de que los mismos, están siendo correctamente compilados y digitados.

- Estructurar convenientemente la recolección de la información, con el fin de poder analizar los datos reunidos y los informes emitidos.

  Ya que cualquier cambio crea reacciones, es fundamental que para el éxito del sistema, los datos después de procesados, traigan beneficios a los responsables de el envío de la información y no exista trabajo adicional de análisis, especialmente en el caso que sean similares a aquellos, que ya se realizaban antes de la implantación del nuevo sistema.

Se debe tener especial atención, para evitar la proliferación de formularios y su multiplicidad con la misma función. Otras recomendaciones dictadas por la experiencia son: la reducción de la responsabilidad burocrática de los ejecutantes del mantenimiento, la estandarización de informaciones, la recolección de datos administrativos en su origen y la interrelación del Banco de Datos, para evitar choques entre diferentes fuentes de información.

CAPITULO 3

EL BANCO DE DATOS DE MANTENIMIENTO

Parte b

3.5. Orden de Trabajo

La fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, su prioridad, falla o el defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, los recursos humanos y materiales utilizados, y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.

Las Ordenes de Trabajo (OT) son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento.

En los antiguos modelos de OT usadas en el sistema manual, eran presentados en la parte superior: los datos de identificación del equipo y del problema, en la parte media: los datos de planificación, y en la parte inferior: los de ejecución del mantenimiento, subdivididos en dos partes: datos para "Gestión del Equipo" (sumario del servicio ejecutado y comentarios sobre el problema) y para "Gestión de Mano de Obra" (horas-hombre consideradas y utilizadas) - Figura 26.

ORDEN DE TRABAJO		Nº
PRIORIDAD:		CUENTA Nº
REQUERIDO POR:	APROBADO POR:	FECHA:
EQUIPO:		
DESCRIPCION DEL PROBLEMA:		
SUPERVISOR:	SECCION:	FECHA:
MATERIAL Y HERRAMIENTAS ESPECIALES NECESARIAS:		
COORDINADO POR:	DEPARTAMENTO:	
Nº DE ORDEN DE IMPEDIMENTO DE LA OPERACION:	TIEMPO:	FECHA:
REGRESO A OPERACION: FECHA	HORA:	SUPERVISOR:
SERVICIO VERIFICADO: |_|	RESPONSABLE	
SUMARIO DEL SERVICIO EJECUTADO:		

FECHA DE TERMINACION DEL SERVICIO:			HORA:
COMENTARIOS SOBRE EL PROBLEMA:			
Horas-hombre estimadas	Horas-hombre reales	Nombres	Comentarios relativos al consumo de Horas-hombre

Figura 26 - Modelo Solicitud de trabajo para control manual

Los modelos de Orden de Trabajo que siguieron, tenían con relación con al anterior, la novedad de la inclusión de las columnas codificadas de "Problema Encontrado", precursor del actual "Código de Ocurrencias". En la parte inferior de ese cuadro existían enumeradas, un conjunto de posibles ocurrencias en los equipos relacionados en la referida columna, para que el ejecutante pusiera los números que correspondían a las ocurrencias, en el cuadro correspondiente a la intersección de la línea de la "localización" con la columna del grado de "severidad", cuyos significados eran presentados al lado de los tipos de ocurrencias.

El modelo siguiente, en la evolución de las OT, fue utilizado durante la fase de transición del sistema de control manual para el automatizado y, por esta razón, apenas la última sección corresponde a la: identificación del equipo, la duración del mantenimiento, pérdida de producción, utilización de mano de obra y costos, eran procesadas, no dando el mismo tratamiento a los datos del historial de ocurrencias, que eran transcriptos en líneas continuas en la primera y la tercera sección. El formulario era proyectado para producir una tarjeta agujereada (o equivalente), pues poseía 80 caracteres para procesamiento, siendo los cuatro primeros reservados para la identificación del documento.

La orden de trabajo siguiente en el proceso evolutivo, fue desarrollada para el sistema de control automatizado, con la producción de una tarjeta agujereada. Presentaba como novedad con relación a la anterior, el registro del "Código de Servicio" con 4 caracteres, siendo el primero destinado a la Ocurrencia (O), que indicaba el origen de la necesidad de la intervención en el equipo, el segundo para la Acción (A), que indicaba lo que había sido realizado por el equipo de mantenimiento y los dos últimos para el Complemento (CPL) de esa acción. La mejor terminología para este código sería: "Código de Ocurrencia", que serviría para indicar intervenciones debido a Fallas o Defectos, pudiendo también utilizarse el término "Código de Defecto" con el mismo objetivo.

La evolución del modelo de orden de trabajo, utilizada en el sistema automatizado de control del mantenimiento, generaba dos tarjetas perforadas y presentaba, con relación a la anterior, las siguientes particularidades:

- ✓ Un campo asociado al número consecutivo para correlacionar a dos o más órdenes de trabajo, cuando la ejecución de las actividades excedía el período mínimo de procesamiento de los informes de gestión, que es definido como "horizonte";
- ✓ El código de mantenimiento compuesto por el código del equipo asociado al componente, actividad y sector;

- ✓ La semana y el motivo de la reprogramación, para permitir la replanificación manual, en caso de algún impedimento;
- ✓ La indicación de la actuación de supervisión automática;
- ✓ El código de ocurrencia compuesto por cuatro "células", o sea: la **Causa:** que indicaba la razón de la ocurrencia (falla o defecto) en el equipo; el **Efecto:** que indicaba como la falla o el defecto eran constatados; la **Acción:** que indicaba el verbo asociado al servicio ejecutado y el **Complemento:** que completaba el mensaje de la acción;
- ✓ La "espera" que indicaba la cantidad de horas-hombre que quedó inactiva, durante el desarrollo de la actividad de mantenimiento, debido normalmente, a una falla de la planeación. Ese campo estaba asociado al código del motivo que llevaba a esos horas-hombre a la interrupción de sus servicios.

En el inicio de la década de 1 970, surgió el proyecto BOZZ-ALLEN & HAMILTON que presentó como singularidad, la omisión de la recolección de información de la mano de obra en el cuerpo de la orden de trabajo; siendo estas informaciones recogidas, a través de un documento complementario llamado **Tarjeta de Tiempo,** con forma y tamaño similar a la tarjeta horaria, pero con características diferentes, ya que servía para que cada ejecutante indicase, en cada servicio que recibía, el día, la hora y el minuto en que iniciaba y terminaba, identificando el número de la Orden de Trabajo - Figura 27.

La parte posterior de esta tarjeta contiene los códigos de servicio, espera y ausencia para indicarlos, en la columna respectiva la actividad ejercida, durante cada período de su jornada. A cualquier momento, siempre que se complete una tarjeta, el ejecutante debe sustituirla por una nueva para asegurar la continuidad de los registros.

Como recomendación, para evitar celos de fiscalización individual a los ejecutantes del mantenimiento y, en consecuencia, el sabotaje de los registros, la Tarjeta de Tiempo, debe ser impersonal e individual para cada ejecutante de mantenimiento, o sea, identificar apenas el cargo y no el nombre de la persona.

Como variante de la Tarjeta de Tiempo, puede ser utilizada la Tarjeta de Material, cuya responsabilidad de compilación es del encargado del depósito, que relaciona el material suministrado al respectivo consecutivo de la Orden de Trabajo en la tarjeta - Figura 28

CARGO				MES		
Nº DE LA OT	INICIO			FIN		
	DIA	HORA	MIN	DIA	HORA	MIN

BODEGUERO		MES	
Nº DE LA OT	MATERIAL		
	CODIGO	CANTIDAD	Unid.

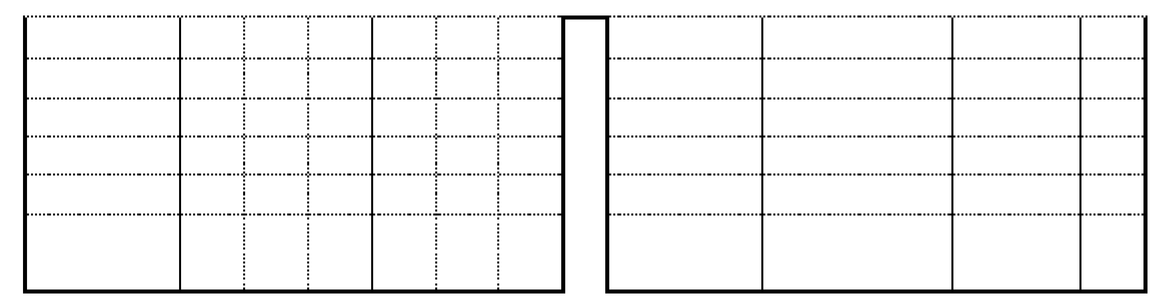


Figura 27 - Tarjeta de Tiempo Figura 28 - Tarjeta de Material

Para implementar tanto la Tarjeta de Tiempo, como la Tarjeta de Material, debe realizarse un trabajo de orientación y búsqueda junto a los ejecutantes, en lo referente a la compilación, para evitar que los datos dejen de ser registrados o lo sean de manera equivocada, involuntariamente o a propósito.

Una innovación importante, en el sistema de recolección de datos en el control automatizado de mantenimiento, fue la emisión, a través de la propia computadora, de las órdenes de trabajo parcialmente llenadas, a partir de datos provenientes del Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo, enfatizando en la reducción de las actividades burocráticas de los ejecutantes de mantenimiento - Figura 29.

ORDEN DE TRABAJO DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS

Fecha de Emisión: 03/11/1999

Planta: FABRICA DE SAN JORGE	**Consecutivo/Año:** 11098/99
Equipo: BOMBA DE AGUA DE SERVICIO	**Identificación:** 10101
Ubicación: SECCION 1 – SERVICIOS GENERALES	**Actividad:** PREVENTIVA SISTEMATICA
Periodicidad: TRIMESTRAL	**Sector**: MECANICO
Recomendaciones de Seguridad	Desconectar alimentación eléctrica y colocar tarjeta de aviso Trabar las partes rotativas utilizando perno de retén o palanca Utilizar equipo de protección individual adecuado Etc...

	Componente	Servicio	HRM: B01	EJ
BM27	ROTOR/ARMAZON	Exam. retenedor, acoplam., pistones, resortes y filtros. Reg. Med.		[ ]
Periodicidad: ANUAL		Inspeccionar armazón por corrosión o falla metálica		[ ]
Material:	52.4813	Medir holgura de rods. extremos e intermedios. Reg. Med.		[ ]
	52.3319	Medir holgura rodaje, alojamiento en anillo de desgaste. Reg. Med.		[ ]
	52.1145	etc....		
		etc....		
Maq./Her.	Torquímetro	etc....		
	Conjunto de llaves	etc....		
		etc....		
Reprog.	Sem. [ ] Mot. [ ]	etc....		

OCURRENCIAS

Efecto		**Efecto**		**Efecto**		**Efecto**	
Causa		**Causa**		**Causa**		**Causa**	
Acción		**Acción**		**Acción**		**Acción**	
Complemento		**Complemento**		**Complemento**		**Complemento**	
Posición Comp.		**Posición Comp.**		**Posición Comp.**		**Posición Comp.**	

Semana Base: 07/99 **Semana Reprog.** 08/99 **Lim.Reprog.** 20/99

OBSERVACIONES

Evaluación del Servicio por: **Fecha de evaluación:** / /

Plenamente Atendido: |_| Provisional. Atendido: |_| Reservicio: |_| No Atendido: |_| En el Plazo |_| Fuera del Plazo |_|

Ejecutante	Supervisor	Inicio Mant.	Term. Mant.

Figura 29 - Modelo de orden de trabajo para mantenimiento preventivo emitida por computadora en formulario continuo.

Con la implantación de la orden de trabajo para mantenimientos preventivos, emitida a través de la computadora, surgió también la idea de utilizar la máquina para reprogramar actividades que no fuesen ejecutadas dentro de un plazo aceptable y así, permitir este trabajo de reprogramación automatizada, fue fortalecido el concepto de **Clase.**

Durante el desarrollo del proyecto, se determina para cada actividad, el plazo de espera por la computadora, para el retorno de las órdenes de trabajo, plazo que si era excedido, acarreará el cobro del motivo de la no ejecución, siendo esta información transferida para el archivo en el banco de datos para su posterior inscripción en el informe de gestión de no conformidades.

Para dar conocimiento al ejecutante sobre estas limitaciones de plazo, la computadora informa a través de los campos de Próxima Reprogramación y Semana Límite de Reprogramación en la emisión de cada orden de trabajo.

Para reducir aún más las responsabilidades burocráticas de los ejecutantes del mantenimiento y asegurar que los servicios programados, sean realizados de acuerdo con un estándar preestablecido, la orden de trabajo emitida por la computadora, puede contener también, las Instrucciones de Mantenimiento ya impresas.

Sin embargo, es necesario que estas instrucciones sean redactadas de forma concisa, para evitar la proliferación de estos documentos. Como sugerencia, es recomendable que sea limitado a treinta, el número de líneas para cada actividad programada en cada componente.

En los Sistemas donde se utiliza, para la emisión de la orden de trabajo para actividades programadas a la computadora, es necesario desarrollar otro modelo de orden de trabajo, para permitir la anotación de datos de actividades no programadas.

Para estandarizar los registros de "Descripción" y "Servicio Ejecutado", además de reducir el número de registros del banco de datos del historial y consecuentemente, el tiempo de búsqueda, echo importante en el caso de la utilización de computadoras personales de menor performance en el proceso, es recomendable la utilización del "Código de Ocurrencias" citado anteriormente, que traerá como ventaja adicional, la posibilidad de búsqueda en el historial de una ocurrencia específica o de cualquiera de los elementos que compongan este código - Figura 30.

ORDEN DE TRABAJO DE ACTIVIDADES NO PROGRAMADAS	
Fecha de Emisión: 02/12/99	**Consecutivo** 11838/99
Item a ser reparado	**Identificación:** .
Servicio Solicitado:	**Prot./Alarma** __ (F/I/b)
Solicitante:	**Area:**
Actividad:	**Producción Afectada :** __ (S/N)
Sector Ejecución: _______________ **Responsable:** ______________ **H.h.Previsto:** _____	**Plazo:** __ días
SERVICIO EJECUTADO:	

EFECTO		EFECTO		EFECTO		EFECTO	
CAUSA		CAUSA		CAUSA		CAUSA	
ACCION		ACCION		ACCION		ACCION	
COMPLEMENTO		COMPLEMENTO		COMPLEMENTO		COMPLEMENTO	
POSICION COMPL.		POSICION COMPL.		POSICION COMPL.		POSICION COMPL.	
COMENTARIO:							
Evaluación del Servicio por:					**Fecha de evaluación: / /**		
Plenamente Atendido: |_| Provisional. Atendido: |_| Reservicio: |_| No Atendido: |_| En Plazo |_| Fuera del Plazo |_|							
Ejecutante		**Supervisor**		**Inicio Mantenimiento**		**Term. Mantenimiento**	

Figura 30 - Modelo de orden de trabajo para actividades no programadas.

Puede observarse también, en este modelo de OT, la inclusión de campos para la anotación, por parte del usuario de los servicios de mantenimiento (llamado "cliente"), de la evaluación del trabajo ejecutado a través de las opciones: "plenamente ejecutado", "provisionalmente ejecutado", "reservicio" y "no atendido", como un factor de medición de la **calidad de los servicios** del mantenimiento. Este tipo de registro, que posibilitará la evaluación de la gestión de mantenimiento respecto a las necesidades de producción, puede ser incluido también en las órdenes de trabajo de actividades programadas.

En los modelos de las órdenes de trabajo de actividades programadas y no programadas ilustrados, se puede observar la existencia de un código de barras que puede ser emitido por la computadora, para facilitar la lectura en sistemas integrados (por ejemplo: para que el encargado del depósito asocie el material a emplear al número de la OT).

Para evitar, la utilización de uno de los modelos presentados en las Figuras 29 y 30, en el registro de actividades que no exigen detalle, o para el registro de mantenimientos en equipos que no afectan al proceso productivo (Clase C), o aun, para hacer referencia a actividades diferentes del mantenimiento, que ocupan mano de obra del personal de mantenimiento, puede ser utilizado un formulario común, la Orden de Trabajo de Ruta, u Orden de Trabajo Colectivo u Orden de Trabajo para Actividades Diversas, como el modelo ilustrado en la Figura 31, donde en cada línea es hecho el registro de cada servicio, teniendo para cada uno, apenas el registro del inicio y final de la actividad, para el cálculo por computadora, de la duración de la actividad.

ORDEN DE TRABAJO DE ACTIVIDADES DIVERSAS (O "COLECTIVA" O "DE RUTA")										
UNIDAD DE PRODUCCION										CONSECUTIVO: 12/99
CODIGO DE ACTIVIDAD:	P = Preventiva, C = Correctiva S = Servicio de Apoyo L = Lubricación R = Rutina (Inspección) T = Entrenamiento N = Nuevas Instalaciones V = Viaje									
Nº de Orden	Cod. Activ.	Sector	CÓDIGO DEL EQUIPO o EN BLANCO	DURACION						DESCRIPCION SUCINTA DE LA ACTIVIDAD
				INICIO			TERMINO			
				Día	Hora	Min.	Día	Hora	Min.	

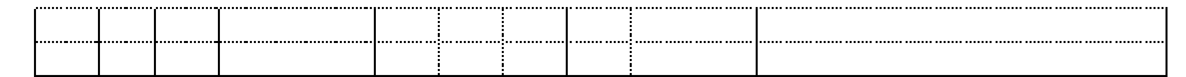


Figura 31 - Orden de Trabajo de actividades diversas o “colectiva” o "de ruta"

Una vez que este formulario tiene un "horizonte" mensual, para permitir que sus datos sean procesados y formen parte de los informes de gestión de costos y mano de obra; puede recibir un número de identificación consecutivo mensual, que servirá como referencia para su registro, en las Tarjetas de Tiempo de los ejecutantes, para el cálculo de los horas-hombre empleados en este tipo de actividades.

En caso que los usuarios deseen desagregar, la ocupación de mano de obra en mantenimiento (para los equipos Clase C) de los demás (Servicios de Apoyo), pueden ser utilizadas dos Ordenes de Trabajo de Actividades Diversas con números diferentes, una para cada fin. Esta observación también es válida, en el caso de los usuarios que deseen conocer la ocupación de mano de obra en un determinado tipo de Servicio de Apoyo como "transito", o "capacitación interna" etc.

3.6. Mano de obra disponible

Se entiende, como mano de obra disponible de un órgano de ejecución del mantenimiento, el resultado de las horas-hombre efectivas, o sea, el producto del número de empleados de ese órgano por el número de horas trabajadas (normales y extras), menos el número de horas-hombre no presentes por motivo de vacaciones, enfermedad, servicio en otras unidades de la empresa, capacitación externa, accidente o cualquier otro motivo autorizado o no, que haya provocado la ausencia del personal.

Para la recolección de datos de disponibilidad de personal, para la ejecución del mantenimiento propio y de refuerzo en otras áreas de la empresa o de contratistas, es necesario el desarrollo de un formulario, que debe ser completado por el órgano administrativo de cada unidad de producción, a partir de los registros de las tarjetas horarias u otro sistema de control de horario adoptado en la empresa. En el caso de que este órgano, disponga de un sistema específico, para el registro de estos datos y que el sistema esté correlacionado con el de mantenimiento, estos pueden ser transferidos directamente de un sistema para otro.

3.7. Datos de Operación

Para permitir el procesamiento de información relativa a los informes de gestión de equipos y costos (facturación cesante), debe ser previsto el registro de los datos provenientes de operación, que deberán constar básicamente de: horas de funcionamiento de los equipos por período de control (horizonte), pérdida o reducción de la producción debido al mantenimiento, además de la referencia a cada intervención, normalmente hecha a través de la indicación del número de la orden de trabajo - Figura 32.

DATOS DE OPERACION													
UNIDAD DE PRODUCCION (O SERVICIO)													MES/AÑO: MM/AA
Nº de Orden	ITEM	Prior.	Tiempo de Funcionamiento		INDISPONIBILIDAD						Pérdidas debido al Mantenimiento.	Nº de la Orden de Trabajo	OBSERVACION
					INICIO			TERMINO					
			Hora	Min.	Día	Hora	Min.	Día	Hora	Min.			

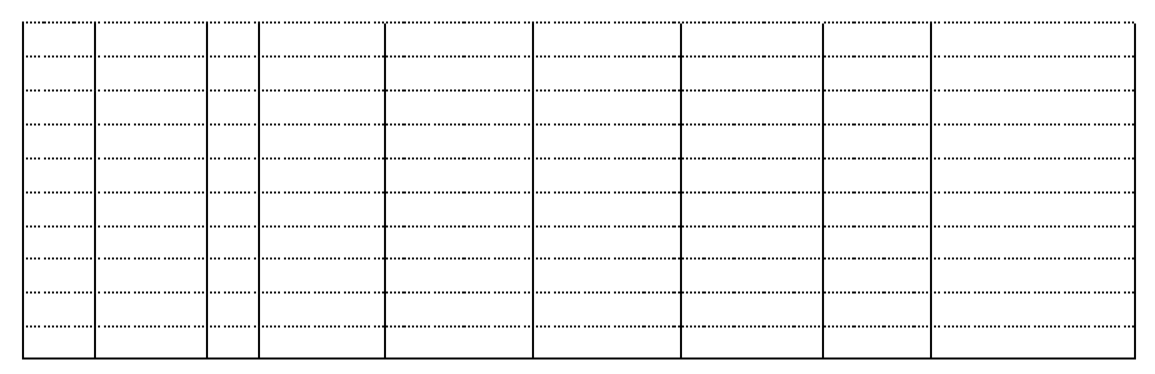


Figura 32 - Modelo de formulario de datos de operación

Estos registros, deben ser hechos por los propios operadores y, como en el caso anterior, habiendo integración, esta información puede ser obtenida directamente de los bancos de datos de operación.

3.8. Registro de Medición (o Variación de Especificaciones)

Para el registro de los valores de las mediciones efectuadas, durante el mantenimiento de los equipos prioritarios (Clase A) y algunos secundarios (Clase B), para los cuales se juzgue conveniente acompañar las variables, para la implantación del Control Predictivo del Mantenimiento, se deben estandarizar mecanismos de registro específico, cuyos valores resultantes de medición, serán procesados para la obtener las curvas de dejeneración - Figura 33.

Debe aclararse que, generalmente los resultados prácticos del seguimiento de la variación de las variables de un equipo, con el objetivo de implantar el Análisis de Síntomas, no son inmediatos, pudiendo en algunos casos, presentar resultados tras varios años de seguimiento, siendo inclusive, recomendable que inicialmente sea realizada una evaluación, respecto a la validez del resultado en equipos que no comprometan el proceso productivo (Clase B).

Durante el desarrollo de este tema, es recomendable que los registros indicados, sean compilados por órganos distintos, de manera que se distribuya las tareas y se cierre el ciclo de información, lo que permitirá detectar fallas intencionales o involuntarias de compilación.

<table>
<tr><th colspan="6">HOJA DE REGISTRO DE MEDICIONES DE BOMBA</th></tr>
<tr><td colspan="3">Nº OT:</td><td colspan="3">EQUIPO:</td></tr>
<tr><td colspan="6">MEDICIONES:</td></tr>
<tr><td colspan="6">HOLGURAS DE LOS RODAMIENTOS DE COLUMNA</td></tr>
<tr><td>LOCAL</td><td>VALOR ESPERADO</td><td>VALOR MEDIDO</td><td>LOCAL</td><td>VALOR ESPERADO</td><td>VALOR MEDIDO</td></tr>
<tr><td>Superior</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td><td>Interm 1</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>Interm. 2</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td><td>Interm. 3</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>Interm. 4</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td><td>Interm. 5</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>Interm. 6</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td><td>Interm. 7</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>|Interm. 8</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td><td>Inferior</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td colspan="6">HOLGURAS DEL ANILLO DE DESGASTE</td></tr>
<tr><td>LOCAL</td><td colspan="4">VALOR ESPERADO</td><td>VALOR MEDIDO</td></tr>
<tr><td>1º Etapa</td><td colspan="4"></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>2º Etapa</td><td colspan="4"></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>3º Etapa</td><td colspan="4"></td><td>|_|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td colspan="6">DESGASTE DEL EJE EN LA ALTURA CORRESPONDIENTE A LOS RODAMIENTOS</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>LOCAL</td><td>VALOR ESPERADO</td><td>VALOR MEDIDO</td><td>LOCAL</td><td>VALOR ESPERADO</td><td>VALOR MEDIDO</td></tr>
<tr><td>Punto 1</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|</td><td>Punto 2</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>Punto 3</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|</td><td>Punto 4</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>Punto 5</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|</td><td>Punto 6</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td>Punto 7</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|</td><td>Punto 8</td><td></td><td>|_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td colspan="6">DESPUES DE MONTAR Y ALINEAR, MEDIR VACIO: VALOR ESPERADO |_|_|_|_|_|_| VALOR MEDIDO |_|_|_|_|_|_|</td></tr>
<tr><td colspan="6">LUBRICANTE: COMPLEMENTADO |_| CAMBIADO |_| ANALIZADO |_|</td></tr>
<tr><td colspan="6">EJECUTANTE ENCARGADO SUPERVISOR</td></tr>
</table>

Figura 33 - Registro de mediciones con el objetivo de implantar el control predictivo de mantenimiento.

También es muy importante, la necesidad de establecer plazos límites ("horizonte") para que sean procesados, evitando que algunos informes de gestión carescan de información o con errores por no computar todos los datos.

CAPITULO 4

EVALUANDO LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

4.1. Informes de Gestión del Mantenimiento

Para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, permitir tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos formados por tablas de índices, algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuado a cada nivel de gestión.

La primera etapa recomendada para el desarrollo de los Informes de Gestión, debe ser la de Gestión de Equipos, o sea, el acompañamiento del desempeño de cada uno y su participación en la actividad objeto de la empresa, especialmente los de Clase A y algunos o todos de la Clase B, de acuerdo con la evaluación de los usuarios.

Esa recomendación se basa en la simplicidad de implantación de esos informes, ya que los mismos, dependen básicamente de los registros de Inventario, Datos de Operación y de las Ordenes de Trabajo, excluidas las recolecciones de datos de material y mano de obra, siendo que para la mano de obra, debido a las naturales reacciones a los cambios, necesitan de más tiempo para su orientación, teniendo en vista la obtención de informaciones confiables.

De esta manera, para la emisión de los primeros informes de ese grupo, es suficiente que los ítems bajo control estén identificados, tanto en los aspectos de adquisición, montaje y ubicación, como de cambios, y que el historial para cada uno contenga los datos del tipo y duración de cada mantenimiento, si fue ejecutado como previsto o no, su reflejo en los servicios o productos ofrecidos por la empresa y el respectivo "código de ocurrencia" o el registro literal de la ocurrencia y servicio ejecutado, agrupados a través de los Datos de Operación y Ordenes de Trabajo (para Actividades Programadas, No Programadas y de Ruta o Colectiva).

En caso se desee implantar los programas automatizados de Alerta será necesario crear un archivo específico para los parámetros o límites aceptables de eventos en función de los tipos deseados.

Es importante recalcar, que la implantación de programas que tornan al Sistema en "Inteligente", o sea, emiten informes sin solicitación del usuario, solamente deben ser realizados a partir del momento en que exista un Banco de Datos con un número razonable y consistente de registros (superior a 10.000 órdenes de trabajo procesadas).

4.2. Indices Clase Mundial

Son llamados "índices clase mundial" aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis "índices clase mundial", cuatro son los que se refieren al Análisis de la Gestión de Equipos y dos a la Gestión de Costos, de acuerdo con las siguientes relaciones:

Tiempo Medio Entre Fallas - Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TMEF = \frac{NOIT.HROP}{\sum NTMC}$$

Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

Tiempo Medio Para Reparación - Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TMPR = \frac{\sum HTMC}{NTMC}$$

Este índice debe ser usado, para ítems en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

Tiempo Medio Para la Falla - Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TMPF = \frac{\sum HROP}{NTMC}$$

Este índice debe ser usado para ítems que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla

Es importante observar la diferencia conceptual existente entre los índices Tiempo medio Para la Falla y Tiempo medio Entre Fallas. El primer índice (TMPF) es calculado para ítems que **NO SON** reparados tras la ocurrencia de una falla, o sea, cuando fallan son sustituidos por nuevos y, en consecuencia, su tiempo de reparación es cero. El segundo índice (TMEF) es calculado para ítems que **SON** reparados tras la ocurrencia de la falla. Por lo tanto, los dos índices **son mutuamente exclusivos**, o sea, el cálculo de uno excluye el cálculo del otro, para ítems iguales.

El cálculo del Tiempo medio Entre Fallas debe estar asociado al cálculo del Tiempo medio para la Reparación. La interpretación gráfica entre estos índices, está representada en la Figura 34.

Debido a que dichos índices presentan un resultado promedio, su exactitud está asociada a la cantidad de ítems observados y al periodo de observación. Cuanto mayor sea la cantidad de datos, mayor será la precisión de la expectativa de sus valores.

En caso de no existir gran cantidad de ítems, o en el caso que se desee obtener los Tiempos Promedios Entre Fallas de cada uno, es recomendable trabajar con periodos bastante amplios de observación (cinco años o más), para garantizar la confiabilidad de los resultados.

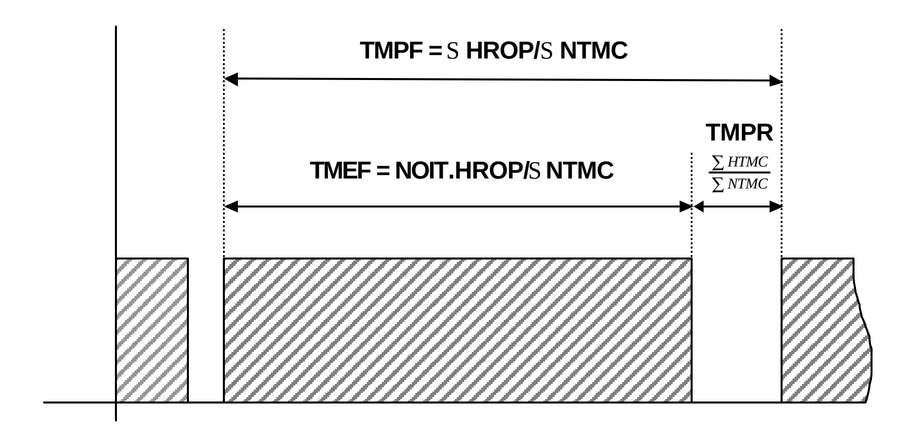


Figura 34 - Interpretación gráfica de los índices TMPF, TMEF y TMPR

Especial atención se debe tener en el desarrollo de programas informatizados para el cálculo de estos índices, pues puede ocurrir que, en el periodo considerado, el número de ocurrencias (fallas) sea cero, lo que llevaría a la computadora a realizar un cálculo, que daría como resultado un valor "infinito" (división entre cero), haciendo que el programa se trabe. Como sugerencia para este tipo de acontecimiento, debe ser hecha la consideración de la existencia de una falla con tiempo igual a cero, que daría un valor constante para cualquier condición de cálculo.

Disponibilidad de Equipos - Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado.

$$DISP = \frac{\sum (HCAL - HTMN)}{\sum HCAL} x100$$

La disponibilidad de un ítem representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disponibilidad del órgano de operación para desempeñar su actividad.

El índice de Disponibilidad también es identificado como **"Performance o Desempeño de Equipos"** y, para ítems de operación eventual, puede ser calculado como la relación entre el tiempo total de operación de cada uno y la suma de este tiempo con el respectivo tiempo total de mantenimiento en el periodo considerado.

$$DISP = \frac{\sum HROP}{\sum (HROP + HTMN)} x100$$

Este índice también puede ser calculado como la diferencia entre la unidad y la relación entre las horas de mantenimiento y la suma de esas horas con las de operación de los equipos.

Otra expresión muy común, utilizada para el cálculo de la Disponibilidad de equipos sometidos exclusivamente a la reparación de fallas es obtenida por la relación entre el Tiempo medio Entre Falla (TMEF) y su suma con el Tiempo medio para Repara-

ción y los Tiempos Ineficaces del Mantenimiento (tiempos de preparación para desconexión y nueva conexión y tiempos de espera que pueden estar contenidos en los tiempos promedios entre fallos y de reparación).

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} x100$$

Es posible observar que ésta es la expresión más simple ya que es obtenida a partir de la relación entre dos otros índices normalmente ya calculados.

El índice de Disponibilidad (o Performance) es de gran importancia para la gestión del mantenimiento, pues a través de éste, puede ser hecho un análisis selectivo de los equipos, cuyo comportamiento operacional está por debajo de estándares aceptables.

Para su análisis, se recomienda poner en tablas mensualmente, la disponibilidad (o performance) de los equipos seleccionados por el usuario y establecer un límite mínimo aceptable de sus valores, a partir del cual, serán hechas las selecciones para el análisis, conforme es ilustrado en la Figura 35.

DISPONIBILIDAD DE EQUIPAMIENTOS

Sector: PROCESO 1 — Periodo: 01/01/99 a 31/12/99

EQUIPO	Prom. Ant	Ene. 99	Feb. 99	Mar. 99	Abr. 99	May. 99	Jun. 99	Jul. 99	Ago. 99	Sep. 99	Oct. 99	Nov. 99	Dic. 99	Prom. Actual
DISYUNTOR GENERAL	97	100	100	92	100	83	100	100	100	100	100	100	81	96
DISYUNTOR A.C. SACE	91	100	88	100	100	100	79	100	100	100	100	100	100	97
TRAFO ASEA 1500 KVA	93	100	100	100	100	100	100	100	81	100	100	100	100	98
ESTABILIZADOR TECTROL	92	100	100	**65**	100	100	100	100	100	100	100	**71**	100	95
GRUPO ELETROGENO 1	97	100	100	**41**	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95
GRUPO ELETROGENO 2	94	100	100	100	**38**	100	100	100	100	100	100	100	100	95
TRAFO ITEL 750 KVA	89	100	**52**	100	100	100	100	100	84	100	100	100	100	95
AFTER COOLER 1	91	**33**	100	100	100	**49**	100	100	100	88	100	100	100	89
AFTER COOLER 2	90	**62**	100	83	100	100	91	100	78	**56**	100	100	**67**	91
COMPRESOR DE AIRE 1	91	92	100	100	84	89	100	94	91	81	100	100	**53**	90
COMPRESOR DE AIRE 2	90	**62**	100	83	100	100	80	100	100	100	**37**	100	100	89
DESTILADOR 1	84	100	100	84	100	100	100	100	**49**	100	100	**21**	100	88
DESTILADOR 2	94	100	**71**	100	100	**38**	100	82	100	100	100	85	100	96
DESTILADOR 3	82	100	100	100	75	100	100	100	100	**48**	100	100	100	94

FIGURA 35 - Modelo de tabla de disponibilidad de equipos

En la misma tabla, pueden ser presentados los valores promedios de disponibilidad del "periodo anterior" (12 meses anteriores al actual o más) y del "periodo actual", para permitir el acompañamiento de los equipos en periodos más amplios.

Se observa que en el ejemplo presentado, fueron indicados varios equipos/mes que presentaron el índice de disponibilidad bajo, donde cuatro de ellos (los dos "after cooler", los dos compresores y el destilador #1) presentaron una disponibilidad anual inferior a los demás analizados, con pequeña variación de un periodo para otro.

En especial, el destilador #1 se destaca, por presentar una disponibilidad anual inferior a 90% en los dos periodos, aunque haya tenido un incremento de su valor en 5 puntos porcentuales.

Para los equipos que presenten resultados inferiores al mínimo aceptable, podrá ser trazado el gráfico - Figura 36, que es el punto de partida para la aplicación del llamado Modo de Análisis de Efecto de Fallas (FMEA).

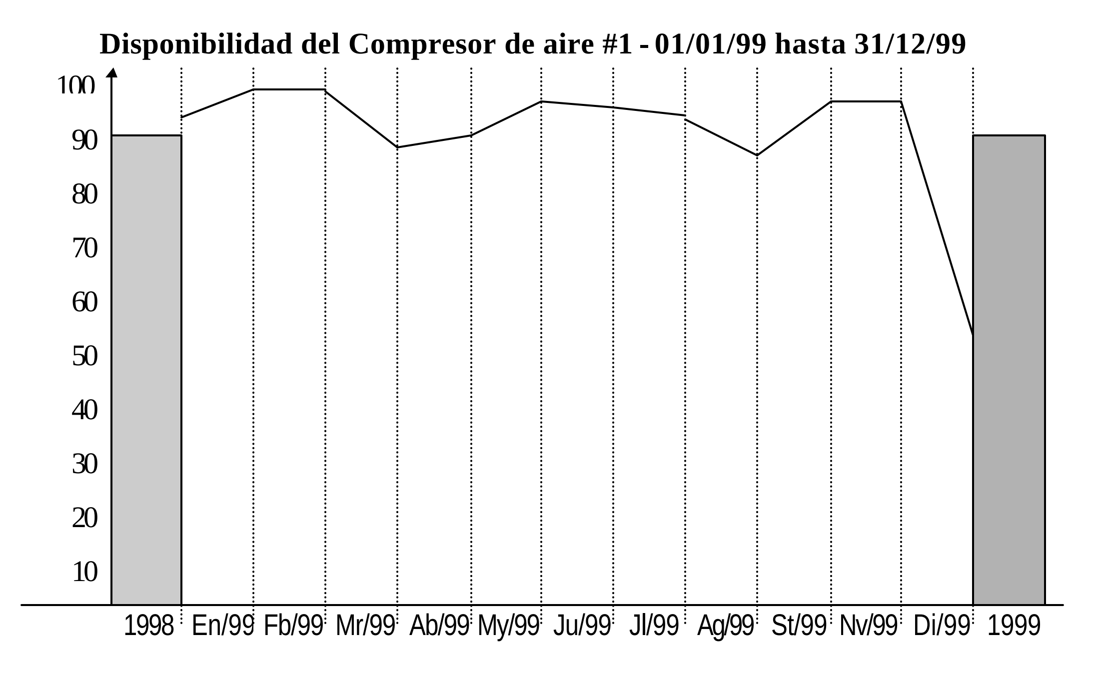


FIGURA 36 - Modelo de gráfico de disponibilidad de un equipo seleccionado

Como variante de los cálculos de Disponibilidad absoluta, pueden ser obtenidas las relaciones entre los tiempos de cada tipo de intervención en el equipo (correctiva, preventiva por tiempo, preventiva por estado y otros servicios - montaje, mejora de mantenimiento, mejora de seguridad operacional etc.) y mantenimiento con relación a la suma de los tiempos gastados en esas actividades. A ese tipo de cálculo se le denomina "Disponibilidad Relativa", cuya suma de valores siempre totalizarán 100%.

El análisis de la "Disponibilidad Relativa" debe ser hecho en comparación con la "Disponibilidad Absoluta" a través del producto de una por la otra, para evitar errores de interpretación ya que eventuales valores elevados de Disponibilidad Relativa de Mantenimiento Correctivo pueden, en el cómputo general (al multiplicar por la Disponibilidad Absoluta), ser de bajo valor.

Ejemplificando:

Imaginemos que el "Horno #5" de la fábrica de San José, que opera 24 horas al día, presentó en el mes de agosto de 1 999 los siguientes tiempos totales en mantenimiento:

Preventivo: 0,3 hr.
Correctivo: 1,3 hr.
Apoyo: 0,2 hr.

Se tiene que el tiempo total de mantenimiento fue de 0,3 + 1,3 +0,2 = 1,8 hr.

Por lo tanto, sus valores de disponibilidad relativa serían:

Disponibilidad Relativa Preventiva = (0,3/1,8) x 100 = 16,67%

Disponibilidad Relativa Correctiva = (1,3/1,8) x 100 = 72,22 %

Disponibilidad Relativa de Apoyo = (0,2/1,8) x 100 = 11,11%

Dando la impresión, de que se tuvo una excesiva cantidad de mantenimientos correctivos.

En la realidad si son multiplicados los valores relativos por el valor de la indisponibilidad absoluta, se encontrará que las disponibilidades relativas son:

Disponibilidad Absoluta = [1-(24 x 31 - 1,8) / 744] x 100

= [1 - (744 - 1,8) / 744] x 100 = 0,24%

Disponibilidad Relativa Preventiva = 16,67% x 0,24% = 0,04%

Disponibilidad Relativa Correctiva = 72,22 % x 0,24% = 0,17%

Disponibilidad Relativa de Apoyo = 11,11% x 0,24% = 0,03%

Que no causan un mayor impacto en el observador.

Una característica, ya constatada por algunos gerentes del área de ejecución del mantenimiento que hacen el análisis de Disponibilidad Relativa, es que, después de la realización de una Gran Reparación (Reforma o Gran Parada), el índice de correctivos normalmente es elevado, debido al retorno del equipo a sus características normales de operación.

Una vez definidos los cuatro índices "clase mundial" para la gestión de equipos, presentamos los dos restantes, aplicados en la gestión de costos.

Costo de Mantenimiento por Facturación - Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} x100$$

Este índice es de fácil cálculo ya que los valores, tanto del numerador como los del denominador, son normalmente procesados por el órgano de contabilidad de la empresa.

Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición - Relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo (valor de reposición)

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} X100$$

Este índice debe ser calculado para los ítems más importantes de la empresa (que afectan la facturación, la calidad de los productos o servicios, la seguridad o al medio ambiente), ya que como fue indicado, es personalizado para el ítem y utiliza valores acumulados, lo que torna su procesamiento más demorado que los demás, no justificando de esta forma ser utilizado para ítems secundarios.

Su resultado debe ser acompañado por un gráfico lineal o de superficie, con la indicación de su variación, en por lo menos los doce últimos meses, conforme es ilustrado en la figura 37.

Costo de Mantenimiento por Valor del Equipo

Obs. Índice Cumulativo

%

EQUIPO – CHILLER UR2

8
7
6
5
4
3
2
1

En/98 Fb/98 Mr/98 Ab/98 My/98 Ju/98 Jl/98 Ag/98 St/98 Nv/98 Di/98

Figura 37 - Gráfico de costo del mantenimiento por lo inmovilizado en un ítem.

No obstante el costo total del mantenimiento, esta compuesto por cinco elementos (personal, material, terceros, depreciación y pérdida/reducción en la facturación), cada una de ellos con tres subdivisiones (costos directos, costos indirectos y costos administrativos); difícilmente es hecha esta composición, limitándose las empresas a considerar dos o tres elementos (personal, material y eventualmente terceros) y de igual manera, una o dos de sus subdivisiones (costos directos y eventualmente, costos indirectos).

Otro factor que torna los índices de costo imprecisos, es la utilización de valores contables pertenecientes al historial de los equipos, sin corrección monetaria lo que es más susceptible de originar errores en el caso de una inflación monetaria. De la misma manera, cuando la empresa utiliza un valor de referencia (dólar o mix de monedas), la imprecisión aparece, debido a la variedad de los índices de corrección, o a la no consideración de la devaluación del dólar o de otras unidades monetarias adoptadas.

Esta imprecisión no es sensible, cuando es realizado el seguimiento de los índices en la propia empresa, ya que estará cometiéndose el mismo error a lo largo del tiempo; pero puede llevar a grandes errores de interpretación, cuando estos índices son comparados con otras empresas, y mucho peor, cuando son comparados con empresas de otros países.

4.3. Gestión de Equipos

Además de los cuatro índices de equipos identificados como "clase mundial", existen otros índices, que pueden auxiliar en la evaluación de los criterios de intervención y del proceso de gestión.

Tiempo medio Entre Mantenimientos Preventivos - Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación, con relación al número total de intervenciones preventivas, en el periodo observado.

$$TPEP = \frac{NOIT \times HROP}{\sum NTMP}$$

Tiempo medio Para Intervenciones Preventivas - Relación entre el tiempo total de intervención preventiva en un conjunto de ítems, y el número total de intervenciones preventivas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TPMP = \frac{\sum HRMP}{NTMP}$$

Tasa de Falla Observada - Relación entre el número total de ítems con falla, y el tiempo total acumulado durante el cual este conjunto fue observado.

$$TXFO = \frac{NTMC}{\sum HROP}$$

Este índice, debe estar asociado a: intervalos de tiempo, condiciones particulares y especificadas y; el tiempo total acumulado, deberá ser la suma de todos los intervalos de tiempo, durante los cuales cada ítem, de manera individual, quedó sujeto a las condiciones específicas de funcionamiento.

Tasa de Reparación - Relación entre el número total de ítems con falla, y el tiempo total de intervenciones correctivas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TXRP = \frac{NTMC}{\sum HRMC}$$

Como puede ser observado, las expresiones matemáticas de los dos últimos índices, muestran que son inversamente proporcionales al tiempo medio para falla y al tiempo medio para reparación que, como ya fue indicado, son más aplicados.

No conformidad de mantenimientos - Relación entre el total de mantenimientos previstos menos el total de mantenimientos ejecutados en un periodo considerado y el total de mantenimientos previstos en ese periodo.

$$NCFM = \frac{NMPR - NMEX}{NMPR} X100$$

Sobrecarga de servicios de mantenimiento - Relación entre la diferencia de las horas de servicios ejecutados y previstos, para un determinado periodo (día, semana o mes) y las horas de servicios previstos para ese periodo.

$$SCSM = \frac{\sum HMEX - \sum HMPR}{\sum HMPR} X100$$

Este índice es calculado, cuando el número de horas de servicios ejecutados sea superior al número de horas previstas para el periodo considerado.

En caso sea posible la utilización del valor de Hombres-hora, en vez de horas en el cálculo de este índice (y del siguiente), sus valores serán más exactos.

En caso ocurra la situación inversa, o sea, las horas (u hombres-hora) de servicios previstos sea superior a las horas (u hombres-hora) de servicios ejecutados, el índice asume el nombre y la configuración indicada a continuación:

Alivio de servicios de mantenimiento - Relación entre la diferencia de las horas de servicios previstos y ejecutados, para un determinado periodo (día, semana o mes) y las horas de servicios previstos para ese periodo.

$$ALSM = \frac{\sum HMPR - \sum HMEX}{\sum HMPR} X100$$

Los tres últimos índices, pueden generar informes mensuales, trimestrales o semestrales, en función del deseo y capacidad de análisis de los usuarios, que además contengan los motivos de las reprogramaciones o cancelaciones, conforme es ilustrado en la Figura 38.

Reporte Trimestral de No Conformidades del Sector de SERVICIOS

Periodo: 01/04/99 a 31/06/99 Emisión: 04/07/99

INDICE DE NO CONFORMIDADES DEL PERIODO: 18,3 %

EQUIPAMIENTO	Sm.Pg.	% Alivio	Sm.Ex.	% Sbcg	**Mot. Reprogramación**	**Mot. Cancelación**
BOMBA DEL CHILLER #1	13	2.3	17	2.8	LIBERACIÓN OPERACION	
TANQUE DE SODA CAUSTICA	13	7.8				LIBERACIÓN OPERACION
CGBT # 4	14	9.2	18	8.8	FALTA DE MATERIAL	
CGBT # 18	15	8,9	22	11,7	SERVICIO CONTRATADO	
BOMBA DE ABASTECIMIENTO #2	16	9,1	18	7,8	FALTA MANO DE OBRA	
CHILLER # 3	16	5,1				AUTOMÁTICO
EVAPORADOR # 3	16	3,7	19	5,1	SERVICIO CONTRATADO	
CINTA TRANSPORTADORA #5	17	16	22	2,8	FALTA DE MATERIAL	
EVAPORADOR #4	17	4,1	20	4,9	SERVICIO CONTRATADO	
FAN COIL #11	17	1,1	19	1,2	FALTA MANO DE OBRA	
FAN COIL #12	17	1,1	19	1,2	FALTA MANO DE OBRA	
CGBT #8	18	7,8	22	10,2	SERVICIO CONTRATADO	
BOMBA DE INCENDIO #2	18	3,2				AUTOMÁTICO
TANQUE DE ACEITE #1	18	5,6				LIBERACIÓN OPERACION

Figura 38 - Informe de no conformidades con índices de alivio y sobrecarga.

En función del valor de los índices, el personal de supervisión de mantenimiento, podrá analizar, con el área involucrada en la existencia del índice (personal, material, contratación, operación etc.), las causas de la ocurrencia, buscando su eliminación futura o alguna acción para minimizarlos.

La utilización de algunos de los índices presentados permitirá visualizar, para los ítems controlados, cuales son los que necesitan mayor atención del órgano de ejecución del mantenimiento y, no obstante, se recomiende que la recolección y el cálculo se limiten a periodos mensuales, el análisis deberá ser realizado para periodos mayores (anual o semestral), donde se tendrán mayor cantidad de datos para poder pronosticar el comportamiento de esos equipos.

Se recomienda también, la comparación entre periodos diferentes, para examinar si hubo progreso en las precauciones tomadas, en función del análisis de los periodos anteriores.

Una "herramienta" muy útil para el análisis gerencial, es la elaboración del Diagrama de Pareto de frecuencia de fallas por equipo. En este caso serían divididas las cantidades o fallas (u horas paradas por falla) de cada equipo, por el total de fallas (u horas de falla) en todos los equipos en el periodo analizado (el cual deberá ser efectuado mensualmente para periodos de un año), siendo sus valores relativos puestos en un gráfico, como es ilustrado en la Figura 39.

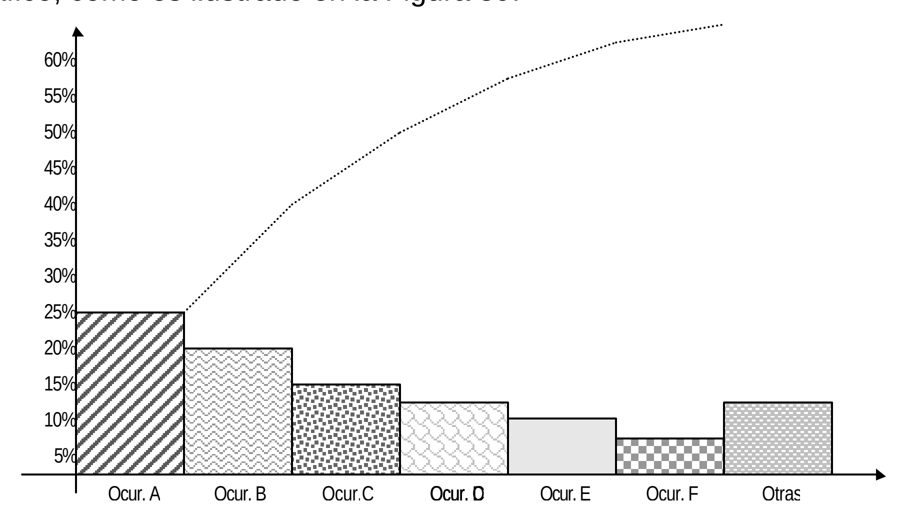


Figura 39 - Diagrama de Pareto de frecuencia de fallas de un conjunto de ítems.

Para evitar que este gráfico quede muy sobrecargado, se recomienda destacar apenas los equipos de mayor importancia operacional (todos los de Clase A y algunos de Clase B) cuyos valores relativos son significativos (por ejemplo: > 5%) y que los demás sean totalizados, en un único conjunto con el título "otros".

Es recomendable la composición de gráficos (como el Diagrama de Pareto, lineal, superficie, barras o sectores) para facilitar el análisis y evaluación de los índices en estudio.

En la ilustración de la figura 39, es representado el estudio del índice de frecuencia de fallas en un determinado ítem. El mismo diagrama podría haber sido trazado para la disponibilidad relativa de los equipos o para tiempos totales de mantenimiento, o

incluso, para cantidad de paradas (de cualquier naturaleza) etc. También podría ser hecho el Diagrama de Pareto por tipo de actividad (correctiva, reparo de defecto, preventiva sistemática, predictiva etc.) o por ocurrencia (a partir del efecto o de la causa) abarcando todos los equipos, como por ejemplo: cortos circuitos en motores o vibración. En esta condición, el diagrama ilustraría de forma decreciente, los equipos que presentaron mayor número de la incidencia analizada.

4.4. Informe Historial de los Equipos

El sistema de gestión, debe posibilitar consultas eventuales del historial de ítems específicos, cuya necesidad puede ser detectada a través del: análisis del informe de disponibilidad, el TMEF, de las “no conformidades”, cualquiera de los índices de gestión de equipos o de gestión de costos o, finalmente, por un hecho aleatorio que despierta la atención del usuario por el ítem.

Su aplicación es válida, cuando el usuario ya tiene idea de lo que desea consultar y necesita informaciones rápidas y objetivas, siendo esta la razón para que sea recomendable su empleo en sistemas que trabajan en tiempo real. Sin embargo, de la misma manera en los sistemas manual o automatizado procesados bajo forma de "batch", representa una eficaz herramienta decisiva en el proceso de gestión, y en el auxilio a las tareas de rutina de los ejecutantes del mantenimiento en todos los niveles.

Como recomendación para el montaje de este tipo de informe, el sistema debe iniciar exhibiendo al usuario, el conjunto de tablas y campos de archivos posibles de ser relacionados en un proceso de filtrado por el usuario.

Una vez realizada la selección de las tablas y campos que serán utilizados en los "filtros", el sistema deberá exhibir, para cada una, sus contenidos, posibilitando de esta manera la segunda selección.

El próximo "filtro" será la definición del periodo a ser examinado. Concluyendo, presentará los registros correspondientes a los "filtros" seleccionados, para que el usuario indique de cual de éstas desea conocer las informaciones registradas.

La Figura 40 ilustra un proceso de filtrado de datos del historial.

Con el objetivo de facilitar la comprensión y visualización del historial por parte del usuario, el proyecto puede prever la colocación de las palabras "efecto", "causa", "acción", "complemento" y "posición" antes de los respectivos elementos descodificados, como es ilustrado en la Figura 41.

En este ejemplo, es posible observar que a medida que el usuario coloca el cursor sobre cada elemento seleccionado, en la parte inferior de la pantalla son exhibidas las ocurrencias descodificadas al lado del significado de cada célula y en el lado derecho, el complemento de algunas informaciones relativas a la ocurrencia que, no obstante, se haya indicado el "tipo de actividad", el "solicitante", el "plazo de ejecución", los "hombres-hora aplicados" (o previstos) y la "fecha de ejecución", pueden ser alteradas por otras (por ejemplo: costo total, evaluación del servicio, material consumido etc.), de acuerdo con el interés del usuario.

PRESELECCION DE ITEMS PARA EL HISTORIAL			
TABLAS SELECCIONADAS:	ITEM	BB	BOMBA
	CLASE	B	
	COMPONENTE	MEL	MOTOR ELECTRICO
	ACTIVIDAD	D	REPARACION DE DEFECTO
	ACCION	RP	REEMPLAZADO
Periodo de selección para análisis del historial:			01/01/95 a 31/07/99

Consulta	NOMBRE OPERACIONAL DEL EQUIPO
✸	BOMBA DE AGUA DE SERVICIO 1
	BOMBA DE AGUA DE SERVICIO 2
	BOMBA DE AGUA DE SERVICIO 3
✸	BOMBA DE DRENAJE 1
	BOMBA DE DRENAJE 2
	BOMBA DE INCENDIO 1
✸	BOMBA DE INCENDIO 2
	BOMBA DE NCENDIO 3
✸	BOMBA DE VACIO 1
	etc ...

Figura 40 - Preselección del historial

HISTORIAL DE ITEMS			
DESCRIPCION DEL ITEM	IDENTIFICACION	Nº OT	FECHA EMISION
BOMBA DE AGUA DE SERVICIO 1	1333	N00022/95	11/01/95
BOMBA DE AGUA DE SERVICIO 1	1333	N00117/96	17/01/96
BOMBA DE DRENAJE 1	2856	N00125/95	18/01/95
BOMBA DE DRENAJE 1	2856	N02116/95	13/07/95
BOMBA DE DRENAJE 1	2856	N04859/96	22/10/96
BOMBA DE INCENDIO 2	3910	N00019/95	11/01/95
BOMBA DE INCENDIO 2	3910	N05128/95	09/11/95
BOMBA DE INCENDIO 2	3910	N04331/96	02/10/96

OCURRENCIAS			
Efecto:	SOBRECALENTAMIENTO	**Actividad:**	REPARACION DE DEFECTO
Causa:	SOBRE ESFUERZO	**Solicitante:**	OPERACION
Acción:	REEMPLAZADO/CAMBIADO	**Sector Resp.**	TALLER ELECTRICO
Complemento:	MOTOR	**hombres-hora:**	22.0
Posición:	UNICO	**Fecha Ejecución:**	15/01/95

Figura 41 - Historial del equipo

La utilización del código de ocurrencia ofrece como ventaja adicional, la posibilidad de emisión de informes seleccionados para una de sus partes, o sea, el usuario puede solicitar la emisión de todas las ocurrencias, con determinada "causa" y/o "efecto" en un periodo determinado, siempre que este tipo de selección haya sido previsto durante el proyecto del Sistema.

Esta ventaja puede ser útil, para el análisis de la frecuencia de un determinado evento y como el se distribuye en los equipos instalados, o en las causas que llevan a un efecto. Esto es realizado mediante el empleo de la composición del Diagrama de Ishikawa (o Diagrama de Causa y Efecto, o Diagrama de Espina de Pescado), como es ilustrado en la Figura 42.

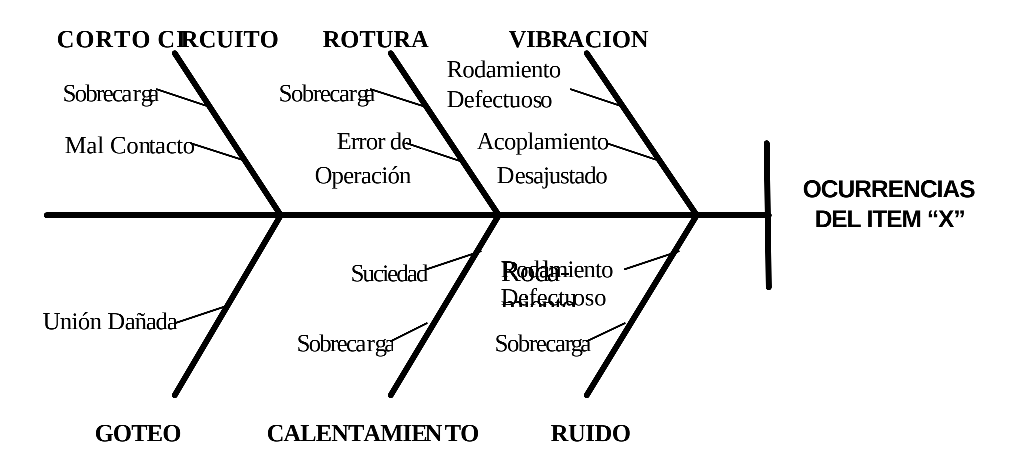


Figura 42 - Diagrama de Causa y Efecto

En algunos casos, el usuario podrá tener la necesidad de consultar los registros de los historiales asociados a los de catastro , siendo normalmente esta opción utilizada para equipos individualizados y con salida impresa, para facilitar el análisis por la cantidad de informaciones.

El Sistema debe prever también, la posibilidad de consulta de los "Comentarios" u "Observaciones" de las Ordenes de Trabajo, o sea, texto literal escrito por los ejecutantes de los trabajos. En este caso, la selección puede ser realizada a través del nombre del ítem o sector responsable por la ejecución y de manera complementaria, a través de una "palabra clave". Nótese que el uso de la "palabra clave" tiene como gran desventaja, la falla en la búsqueda por el sistema, en el caso de que los textos hayan sido abreviados o se hayan utilizado sinónimos.

Al no utilizar la "palabra clave", el sistema exhibe todos los comentarios (u observaciones) registrados en las Ordenes de Trabajo para los equipos seleccionados, a medida que se elige el equipo.

Aunque la implantación del historial, a través del sistema automatizado es onerosa en costo y plazo respecto al sistema manual, a causa de la necesidad de recopilación de los datos de registro y creación de los archivos que componen el código de ocurrencia, su costo operacional es más económico y normalmente, compensa la inversión en aproximadamente un año de utilización, además de otras ventajas que ofrece, entre las que se pueden citar: correlacionamiento con el Sistema de Control de Material; mayor confiabilidad; mayor rapidez operacional; menor posibilidad de omisión del historial; centralización de archivos; producción de programas de ALERTA y prestar servicios a otros órganos de la empresa, y de la posibilidad de extraer informes clasificados bajo diversas ordenaciones (equipo, sistema operacional, grupo de equipos similares, tipo de ocurrencia, ocurrencia específica, fabricante, locali-

zación etc.) de acuerdo con las indicaciones hechas por los usuarios durante el proceso de desarrollo o adaptación.

Análogamente a la correlación ya citada, de los archivos de mantenimiento con los del área de material, a través de la utilización de una misma estructura de codificación en el catastro, también es posible el correlacionamiento con los archivos de diseños técnicos, manuales, catálogos, documentación técnica y administrativa, relativas a los equipos, desde el momento en que se realice la asociación de códigos a través del catastro, programa maestro o archivo específico de correlación. Otra correlación posible, según los mismos criterios enumerados, es con el órgano de control de Bienes Patrimoniales de la Empresa.

Se denomina ALERTA, a un conjunto de programas de computadora para la emisión automatizada de informes impresos, para apoyo a la gerencia de mantenimiento y que son individualmente activados, a partir de la incidencia de valores que superan parámetros preestablecidos.

La principal característica de este conjunto de programas, es como se genera el informe - por excepción - y la composición de estos informes, es función del acervo del historial almacenado en el Banco de Datos, en los aspectos cualitativo y cuantitativo.

Por lo tanto, este conjunto de programas es subproducto del sistema de registro e historial, donde, para cada nueva anotación de ocurrencia, la computadora comprueba las informaciones con los parámetros, en el aspecto de existencia y límites, y cuando estos se superan, extrae del propio archivo del historial, los registros necesarios para la composición de las listas, según el modelo predispuesto para la impresión, sin que durante todo este proceso se haya tenido intervención humana.

La elección y el desarrollo de cada ALERTA, requiere detallados estudios en lo que se refiere a la definición y a la dimensión de los parámetros, que accionarán el programa para evitar excesos u omisiones, y también, en lo que se refiere a la concisión de las listas, garantizando la eficiencia y la confiabilidad de la aplicación de los resultados. Se debe tener especial atención, respecto a la definición del "horizonte" para que la computadora compare los valores de los parámetros con la realidad de las incidencias practicadas.

En la Figura 43, se presenta el diagrama de flujo de desarrollo de los programas de alerta.

Una distinción importante a ser realizada en el proyecto de estos programas, es la diferencia entre "horizonte" y "periodo del historial". El "horizonte" se refiere, al periodo de tiempo para el cálculo, por la computadora, del número de ocurrencias relativas a los parámetros controlados, mientras el "periodo del historial" se refiere, al periodo de tiempo que será exhibido en el informe emitido.

Dentro de las múltiples posibilidades ofrecidas por este conjunto de programas, se pueden citar:

Incidencia de funcionamiento irregular de instrumentos de supervisión.

Incidencia de mantenimientos correctivos por equipo.

Incidencia de ocurrencias de igual naturaleza en los equipos.
Incidencia de ocurrencias de varias naturalezas por fabricante.
Incidencia de valores por encima de ciertos límites en los medidores.
Incidencia de mantenimientos correctivos entre mantenimientos preventivos.

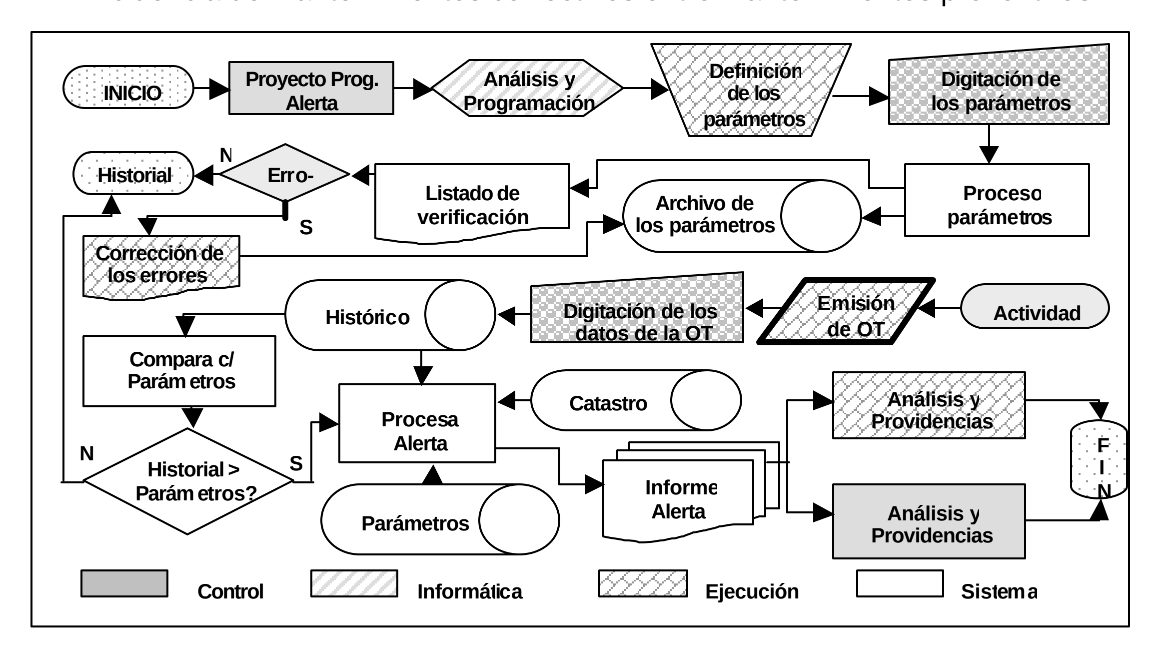


Figura 43 - Diagrama de Flujo de los programas de Alerta

4.5. Gestión de Costos

Conceptualmente, los índices de gestión financiera deberían abarcar 5 tópicos, cada uno conformado por tres subcomponentes, como es indicado a continuación:

Composición De Los Costos Del Mantenimiento

Personal	*directos*	*salarios y comisiones*
	indirectos	*recargos sociales y beneficios (transporte, alimentación, seguro médico, seguro odontológico, habitación, recreación, deportes, auxilio de capacitación, etc.)*
	administrativos	*rateo de los gastos de las áreas de recursos humanos y capacitación, en función de la cantidad de empleados del órgano de mantenimiento.*
Material	*directos*	*costo de reposición de material*
	indirectos	*capital inmovilizado, costo de energía eléctrica, almacenaje (instalaciones), agua y personal del depósito.*
	administrativos	*rateo de los gastos de las áreas de compra y administración de material, en función del tiempo de ocupación del personal para la*

		atención al área de mantenimiento.
Contratación	*directos*	*costos de los contratos (permanentes y eventuales)*
	indirectos	*servicios y recursos utilizados por terceros y costeados por la empresa (transporte, alimentación, instalaciones, etc.)*
	administrativos	*rateo de los gastos de las áreas de administración de contratos, financiera y contable, en función de la implicación con los contratos del área de mantenimiento.*
Depreciación	*directos*	*costo de reposición*
	indirectos	*capital inmovilizado*
	administrativos	*rateo de los gastos de las áreas de contabilidad, control de patrimonio y compra en el levantamiento, acompañamiento y adquisición de máquinas y herramientas para el área de mantenimiento.*
Perdida de Facturación	*directos*	*pérdida de producción*
	indirectos	*pérdida de materia prima, pérdida de calidad, devolución, re - procesos*
	administrativos	*rateo de los gastos de las áreas de control de calidad, ventas, marketing y jurídica en función de la implicación debida a mantenimiento.*

Además de los dos índices de costos ya presentados como "clase mundial", son destacados a continuación, los índices más utilizados por las empresas de proceso y servicio:

Componente del Costo de Mantenimiento - Relación entre el costo total del mantenimiento y el costo total de la producción.

$$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} \times 100$$

El costo total de la producción incluye: los gastos directos e indirectos de ambos órganos (operación y mantenimiento), incluso la respectiva facturación cesante.

Progreso en los Esfuerzos de Reducción de Costos - Relación entre el índice de mano de obra “trabajo en mantenimiento programado” y el índice de costo (clase mundial): “costo de mantenimiento por facturación”.

$$PERC = \frac{TBMP}{CMFT}$$

Este coeficiente indica la influencia de la mejora o deterioro de las actividades de mantenimiento bajo control, con relación al costo de mantenimiento por facturación.

Costo relativo con personal propio - Relación entre los gastos con personal propio y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado.

$$CRPP = \frac{\sum CMOP}{CTMN} X100$$

Costo relativo con material - Relación entre los gastos con material y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado

$$CRMT = \frac{\sum CMAT}{CTMN} X100$$

Costo de Mano de Obra Externa - Relación entre los gastos totales de mano de obra contratada (licitadas a otras empresas, o cedidas por otras áreas de la misma empresa) y los gastos totales de mano de obra utilizada en los servicios, en el periodo considerado.

$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{\sum (CMOC + CMOP)} x100$$

Este índice puede también ser calculado como: la relación entre los gastos con mano de obra contratada y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado.

$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{CTMN} X100$$

En el cálculo de este índice, pueden ser considerados todos los tipos de contratos: globales de mano de obra y otros.

Costo de Mantenimiento con relación a la Producción - Relación entre el costo total de mantenimiento y la producción total en el periodo considerado.

$$CMRP = \frac{CTMN}{PRTP} x100$$

Esta relación es dimensional, ya que el denominador es expresado en unidades de producción (m^3, ton., kW, km. recorridos etc.)

Costo de Capacitación - Relación entre el costo de capacitación del personal de mantenimiento y el costo total de mantenimiento.

$$CTET = \frac{\sum CEPM}{CTMN} x100$$

Este índice representa la cuota de gastos de mantenimiento, invertida en el desarrollo del propio personal a través de la capacitación interna y externa, y puede ser complementado, con el índice del costo de capacitación "per capita" o sea, el costo de capacitación por la cantidad de personal capacitado.

Inmovilizado en Repuestos - Relación entre el capital inmovilizado en repuestos y el capital invertido en equipos.

$$IMRP = \frac{\sum CIRP}{\sum CIEQ} X100$$

Debe ser dada especial atención en el cálculo de este índice, para considerar los repuestos específicos y parte de los no específicos, utilizados en los equipos bajo la responsabilidad del área de mantenimiento, siendo un índice que generalmente se torna difícil de calcular, debido al establecimiento de esta proporcionalidad.

Costo de Mantenimiento por Valor de Venta - Relación entre el costo total del mantenimiento acumulado de un ítem (equipo, obra o instalación) y el valor de reventa de dicho ítem.

$$CMVD = \frac{\sum CTMN}{VLVD} X100$$

Costo Global - Valor de Reposición menos la suma del Valor de Venta con el Costo de Total del Mantenimiento de un determinado equipo.

$$CMVD = VLRP - (VLVD + CTMN)$$

Una vez elegidos, los índices deberán ser estandarizados para todas las áreas de mantenimiento, para que sean calculados periódicamente y presentados en forma de tablas y gráficos comparativos, con el objetivo de motivar el análisis y las sugerencias respecto a las distorsiones.

Para facilitar el análisis, podrán ser determinados los valores promedios de los índices elegidos y establecidos los desvíos estándares, de forma que se obtengan intervalos aceptables de variación de cada uno.

Por esta razón, las áreas afectadas deberán participar de las fases de la Planificación del Sistema, cuando sean definidos los índices a ser calculados y el sistema de recolección de datos para el cálculo de esos índices; del Análisis de Resultados, para la evaluación del método y la presentación de las justificaciones, y en la Búsqueda de Alternativas, con la finalidad de transformar la inversión en tiempo y dinero el desarrollo del proceso compensador.

Existiendo el consentimiento de los órganos involucrados en el análisis, respecto al establecimiento de intervalos de tolerancia para los índices calculados; solamente los valores que los superen, serán analizados y justificados por el área afectada.

También pueden ser buscadas metas de reducción de los promedios o intervalos de tolerancia, con la participación directa de las áreas de ejecución del mantenimiento, en las reuniones que traten del establecimiento de metas, en función de su viabilidad con los recursos disponibles. En ese caso, las áreas que consiguieron los mejores valores en sus índices, deberán divulgar los mecanismos utilizados a las demás áreas, siendo ésta, una razón más para la utilización del valor básico de referencia común a todas las áreas.

Sin embargo, la búsqueda de reducción de valores **no debe tener como tributo el desgaste del equipo, la reducción del desempeño de los equipos, o la introducción de riesgos a la seguridad del trabajo.**

Para la "unidad de periodicidad de emisión de los informes de gestión" (que serán mensuales), deben ser tabulados los valores obtenidos en el periodo, dimensionados en valores (unidad monetaria o múltiplo de la misma) y en porcentajes con relación al valor básico de referencia. Es recomendable también que esta tabla contenga los valores e índices relativos al periodo anterior, la variación entre periodos, la meta propuesta y el intervalo de tolerancia (las dos últimas si existieran).

Esta composición facilitará el análisis, especialmente en el examen de la coherencia entre los valores obtenidos en el periodo actual, en comparación con el periodo anterior, además de auxiliar en el establecimiento de metas e intervalos de tolerancia.

Como anteriormente fue mencionado, es recomendable también la emisión de dichas tablas, en estándares adecuados a cada nivel de gestión a que se destina, de manera que cada uno tenga la tabulación de valores, índices y referencias en forma concisa y apropiada a sus necesidades de análisis y decisión.

En la Figura 44, es presentado un modelo de tabla para el índice "Costo de Mantenimiento por Facturación" para el nivel de gestión estratégico de la empresa (Directores, pudiendo también servir a los Superintendentes en función del nivel de delegación que posean), donde se presenta, en la parte superior de la primera columna, las unidades de producción bajo su responsabilidad, que serán discriminadas una en cada línea.

COMPAÑIA MODERNA ADMINISTRACION
COSTO DE MANTENIMIENTO POR FACTURACION

NIVEL DE GESTION 1 - ESTRATÉGICO — **Periodo: 01/01/99 a 31/12/99**

PLANTA	Fat.Per. ($X10^6$)	Med. Ant.	Ene 99	Feb 99	Mar 99	Abr 99	May 99	Jun 99	Jul 99	Ago 99	Set 99	Oct 99	Nov 99	Dec 99	Med. Actua
BUENOS AIRES	1,26	6,5	7,1	7,0	6,5	6,8	6,4	6,0	5,9	6,4	6,6	6,5	6,8	6,3	6,5
CONCEPCION	1,75	5,9	5,8	5,9	6,1	5,7	5,8	5,2	4,9	5,8	6,1	6,2	5,9	6,1	5,8
CHIMBOTE	0,68	8,8	9,1	8,9	8,8	8,9	8,7	8,5	8,4	8,6	8,9	9,2	9,0	8,0	8,8
CORDOBA	2,21	5,0	5,2	5,4	5,2	5,3	5,6	6,1	6,1	6,4	6,5	6,4	6,7	7,0	6,0
LA PAZ	1,98	5,1	5,0	4,9	5,2	4,7	4,8	5,0	4,7	5,2	4,9	5,1	5,0	5,4	5,0
LIMA	1,47	5,9	6,7	7,2	6,2	6,1	5,3	5,8	5,9	6,6	8,9	6,9	5,9	6,2	6,5
MONTEVIDEO	0,89	6,8	6,2	6,4	6,0	5,4	5,6	5,1	5,7	5,3	5,3	5,8	5,3	5,6	5,7
PUNTA DEL ESTE	2,31	8,3	9,0	9,5	8,9	9,2	9,3	9,3	9,7	9,9	8,9	9,4	9,2	9,8	9,3
SUCRE	2,26	7,2	7,0	6,3	6,7	6,1	6,4	6,4	6,8	6,1	5,9	6,0	6,4	6,8	6,4
SANTIAGO	1,19	4,8	4,5	4,9	5,3	5,1	4,5	4,6	4,5	5,9	5,3	4,6	4,8	4,2	4,8
TRUJILLO	2,17	7,8	8,9	8,9	8,4	9,3	9,6	9,4	9,5	10,0	9,6	9,8	9,4	9,9	9,4
TOTAL	18,17	6,5	6,8	6,9	6,7	6,6	6,6	6,5	6,6	6,9	7,0	6,9	6,8	6,9	6,8

Figura 44 - Modelo de informe de gestión de costo para el nivel estratégico

En la secuencia son presentados, el valor promedio del índice elegido en el periodo anterior, los valores relativos en cada mes del periodo analizado y por último el valor promedio del periodo actual. Como sugerencia, estas tablas pueden ser presentadas en todos los meses, tomando siempre un año hacia atrás, con relación al mes anterior de su emisión. Ejemplificando: si el informe fuese emitido en el inicio del mes de agosto de 1 999, abarcaría los índices desde agosto de 1 998 hasta julio de 1 999.

El informe es concluido con el total de gastos de ese nivel de gestión, que deberá representar el total de gastos del mantenimiento de toda la empresa, considerando que todas las áreas de mantenimiento estarán subordinadas a un solo directorio (o superintendencia).

En el informe de costos para el nivel de gestión táctico o ejecutivo, puede ser procesado para cada unidad de producción (considerando que ese es el nivel de responsabilidad del gerente para el cual es emitido el informe), además de que el encabezamiento contenga la indicación de su unidad de proceso o servicio, deberá tener también el valor de la facturación que obtuvo en el periodo considerado, que servirá como valor básico de referencia para los cálculos de los índices - Figura 45.

En la composición de la tabla, la primera columna puede referirse a las Divisiones de la Unidad de Servicio o Proceso y, a continuación, como en el caso anterior, los costos de cada uno y los valores promedios del periodo anterior, los índices mes a mes y los valores promedios del periodo actual.

El informe de gestión de costo para el nivel ejecutivo es concluido en su última línea, con el total de gastos de la unidad de producción, lo que permitirá que el gerente responsable tenga una idea del comportamiento del área bajo su responsabilidad. Ese total, es el que compondrá una de las líneas del informe del nivel gerencial 1 (estratégico), visto anteriormente.

FÁBRICA DE TRUJILLO
GASTOS RELATIVOS DE MANTENIMIENTO

NIVEL DE GESTION 2 - EJECUTIVO — FACTURACION = 2,17 X 10^6 — Periodo: 01/01/99 a 31/12/99

SISTEMA	Gastos $x10^3$	Med. Ant	Ene 99	Feb 99	Mar 99	Abr 99	Mai 99	Jun 99	Jul 99	Ago 99	Set 99	Oct 99	Nov 99	Dic 99	Med. Actual
AGUA FRIA	10,86	4,6	4,3	5,2	4,9	5,4	7,7	9,6	5,6	5,9	5,6	5,7	5,5	5,8	5,9
AGUA CALIENTE	49,88	21,0	24,9	23,9	22,6	25,0	23,8	22,8	25,6	26,9	25,8	26,4	25,3	26,6	25,0
ALTA TENSION	5,30	2,2	2,1	2,5	2,4	2,7	3,8	2,2	2,7	2,9	2,7	2,8	2,7	2,8	2,7
BAJA TENSION	11,22	4,7	5,9	5,4	5,1	5,6	4,8	5,2	5,7	6,1	5,8	5,9	5,7	6,0	5,6
SUMIDERO	8,78	3,7	5,7	4,2	4,0	4,4	7,7	3,9	4,5	4,7	4,5	4,6	4,5	4,7	4,8
INCENDIO	7,19	3,0	2,0	3,5	3,3	3,6	2,7	6,7	3,7	3,9	3,7	3,8	3,6	3,8	3,7
PROCESO ACABADO	35,61	15,0	17,1	17,1	16,1	17,9	16,4	16,5	18,2	19,2	18,4	18,8	18,1	19,0	17,7
PROCESO PRIMARIO	32,91	13,8	13,4	15,8	14,9	16,5	17,0	15,7	16,9	17,7	17,0	14,4	16,7	17,6	16,4
PROCESO SECUNDARIO	21,61	9,1	8,0	10,4	9,8	10,8	7,6	9,4	11,1	11,7	11,2	11,4	11,0	11,5	10,3
REFRIGERACION	11,09	4,7	4,4	5,3	5,0	5,6	7,8	5,1	5,7	6,0	5,7	5,9	5,6	5,9	5,7
OTROS	9,54	4,0	10,6	4,6	4,3	4,8	6,5	6,4	4,9	5,1	4,9	5,0	4,8	5,1	5,6
TOTAL	203,98	7,8	8,9	8,9	8,4	9,3	9,6	9,4	9,5	10,0	9,6	9,8	9,4	9,9	9,4

Figura 45 - Modelo de informe de gestión de costo para el nivel ejecutivo

El informe de costos para el nivel de gestión operacional, es procesado para cada División o Sistema Operacional de la Unidad de Servicio o Proceso, considerando que este rivel de responsabilidad gerencial, normalmente es representado por el Supervisor de Mantenimiento.

Como en el caso anterior, el encabezamiento además de definir el órgano para el cual el informe está siendo emitido, deberá presentar el valor de la facturación de la Unidad de Servicio o Proceso al cual la división está subordinada, en el periodo considerado, que servirá como valor básico de referencia para los cálculos de los índices - Figura 46.

FÁBRICA DE TRUJILLO - SISTEMA DE AGUA CALIENTE DISTRIBUCION DE LOS GASTOS DEL MANTENIMIENTO																
NIVEL DE GESTION 3 - OPERACIONAL					FACTURACION = 2.170 X 10^3							Periodo: 01/01/99 a 31/12/99				
SISTEMA	Ct.	Gastos $x10^3$	Med. Ant	Ene 99	Feb 99	Mar 99	Abr 99	May 99	Jun 99	Jul 99	Ago 99	Set 99	Oct 99	Nov 99	Dic 99	Med. Actual
BOMBA PRINCIPAL #1	MO	2,11	1,17	1,29	1,38	1,26	1,39	1,44	1,41	1,43	1,50	1,44	1,47	1,41	1,48	1,41
	MT	0,25	0,14	0,15	0,16	0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17	0,17	0,17	0,18	0,17
	CT	0,17	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11
BOMBA PRINCIPAL #2	MO	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	MT	0,56	0,31	0,34	0,37	0,33	0,37	0,38	0,37	0,38	0,40	0,38	0,39	0,37	0,39	0,37
	CT	3,12	1,73	1,90	2,04	1,86	2,06	2,13	2,08	2,11	2,22	2,13	2,18	2,08	2,19	2,08
CALDERA #1.	MO	1,63	0,90	0,99	1,06	0,97	1,08	1,11	1,09	1,10	1,16	1,11	1,14	1,09	1,15	1,09
	MT	0,14	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09
	CT	4,58	2,54	2,79	2,99	2,73	3,02	3,12	3,06	3,10	3,25	3,12	3,19	3,06	3,22	3,06
CALDERA #2	MO	2,31	1,28	1,41	1,51	1,38	1,53	1,57	1,54	1,56	1,64	1,57	1,61	1,54	1,62	1,54
	MT	3,11	1,73	1,90	2,03	1,86	2,05	2,12	2,08	2,10	2,21	2,12	2,17	2,08	2,19	2,07
	CT	5,67	3,15	3,46	3,70	3,38	3,74	3,86	3,79	3,83	4,03	3,86	3,95	3,79	3,98	3,78
Etc, etc., etc., ...																
OTROS	MO	3,26	1,81	1,99	2,13	1,95	2,15	2,22	2,18	2,20	2,32	2,22	2,27	2,18	2,29	2,17
	MT	5,80	3,22	3,54	3,78	3,46	3,83	3,95	3,88	3,92	4,12	3,95	4,04	3,88	4,08	3,87
	CT	5,11	2,83	3,12	3,33	3,05	3,37	3,48	3,41	3,46	3,63	3,48	3,56	3,41	3,59	3,41
TOTAL		49,88	21,0	23,1	24,7	22,6	25,0	25,8	25,3	25,6	26,9	25,8	26,4	25,3	26,6	25,3

Figura 46 - Modelo de informe de gestión de costo para el nivel operacional

En la composición de la tabla, la primera columna puede referirse a los equipos más importantes de los Sistemas Operacionales, sobre los cuales serán efectuados los cálculos de: los gastos de cada uno, los índices mensuales y promedios del periodo anterior y del periodo actual. Es recomendable que, para evitar que esta tabla sea muy extensa, solamente sean analizados ítems prioritarios de cada Sistema Operacional (Clase A) y algunos secundarios (Clase B), indicados por la experiencia del responsable por el Sistema Operacional, siendo que ésta puede ser consecuencia del desempeño de los equipos de la Unidad de Servicio o Proceso, fruto del análisis del programa de disponibilidad de los equipos, obras o instalaciones. Los ítems no discriminados deberán, sin embargo, agruparse en la última línea del informe, identificada como "otros", para permitir el análisis de la totalidad de los equipos del Sistema Operacional.

Una vez realizado el cálculo, el informe es totalizado para el área de responsabilidad del nivel de gestión a que se destina, siendo que este total compone una de las líneas del nivel jerárquico superior.

Para facilitar la identificación visual de la variación de valores e índices, los registros tabulados deberán ser representados en gráficos, los que podrán ser enunciados para una única unidad de periodicidad, en este caso, comparando los resultados obtenidos en una misma área.

Dichos gráficos podrán ser presentados bajo la forma de: barras para comparar índices correspondientes (pudiendo ser compuesto por dos o tres índices simultáneos en cada periodo); barras superpuestas, líneas o superficie, cuando se desea comparar índices individualizados con la suma de alguno de ellos y sectores, cuando se está comparando un grupo de índices cuya suma es igual a 100%. En algunos casos, puede ser más conveniente el trazado del gráfico acumulativamente, o sea, el valor de un mes es el total de los meses anteriores más el del mes considerado.

Dentro de las posibilidades del trazado de gráficos de costos recomendados, se sugiere la utilización del histograma, el gráfico de barras, de sectores y/o cilíndrico, para los valores e índices comparativos entre áreas en una misma unidad de periodo; y el gráfico de líneas (trazado) y/o de superficie para valores e índices comparativos de una misma área en varios periodos.

En la Figura 47, se ilustra una composición gráfica del seguimiento del índice "costo de personal contratado por el costo total de personal (contratado + terceros)", donde se han trazado los valores promedios de los dos años anteriores (gráficos de barras), seguido por los valores mensuales del año en estudio (gráfico de línea) y el valor promedio de ese año (gráfico de barra).

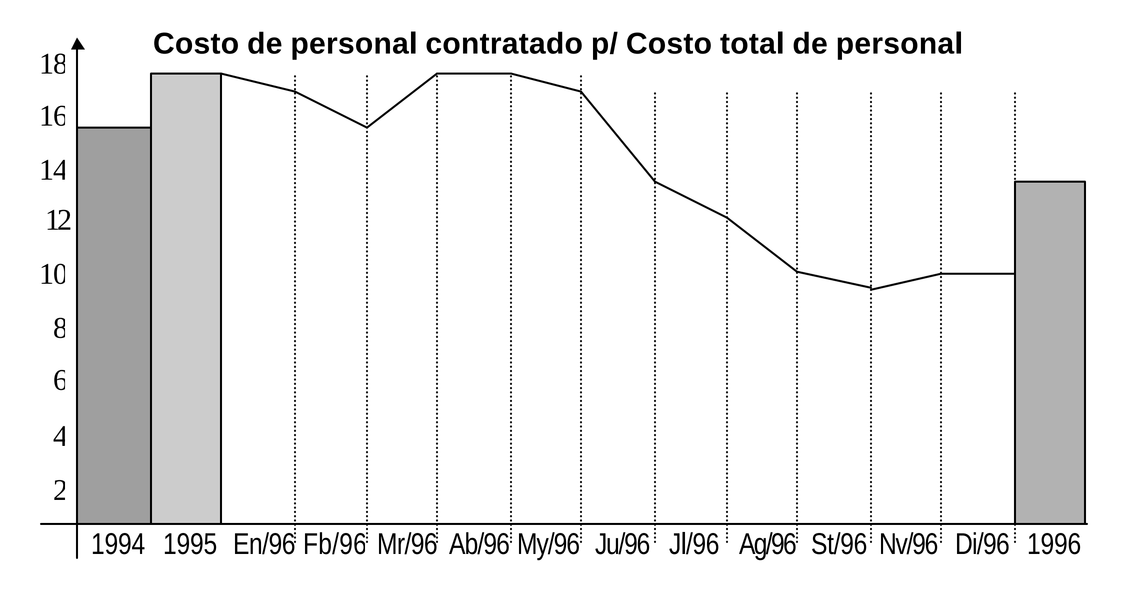


Figura 47 - Modelo de gráfico de barras y línea del índice de costo de personal contratado por el costo total de personal

Para permitir la comparación gráfica de gastos de similar naturaleza para varias áreas en un mismo periodo, se pueden utilizar los "índices relativos", o sea, que ca-

da uno sea relacionado porcentualmente al total de la suma de todos. En este caso, la suma de esos índices será siempre de 100% y cada cuota indicará en cuanto ha contribuido en el contexto total.

En la Figura 48, se presenta un ejemplo de gráfico de líneas (trazado) con indicación mensual, de los gastos de mantenimiento de una instalación, con relación a los gastos totales en cada periodo, donde son indicadas las mismas relaciones, excluidos los gastos de personal, que equivalen a la diferencia entre los dos gráficos, siendo ésta la razón de su trazado sobrepuesto.

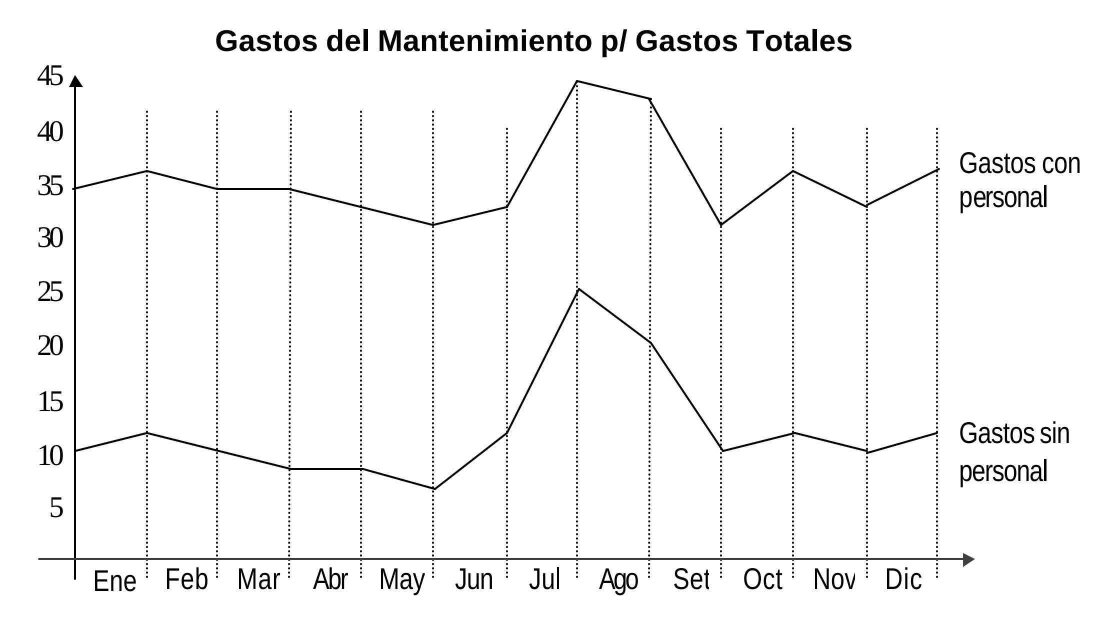


Figura 48 - Ejemplo de gráfico de líneas (trazado) de gastos relativos con o sin personal

En la Figura 49 se ilustra el seguimiento a los costos de equipos móviles empleados en construcción civil, extractado del trabajo presentado en la Mesa Redonda de Mantenimiento de la XXIII Convención de la UPADI (Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros) por Fernando H. Andrés, Director de Graña y Montero, empresa peruana de construcción civil, que ha servido de base, para definir el momento estratégico de reposición de esos equipos.

Es recomendable que, además de los cálculos periódicos mensuales, sean efectuados los cálculos acumulados para periodos anuales, que darán al gerente la idea global del desempeño financiero del área bajo su responsabilidad, especialmente en el caso que se desee obtener valores promedios de referencia de un año para otro.

Ya que los índices de los informes de gestión financiera del mantenimiento, involucran valores que son obtenidos a través del banco de datos de otras áreas de la empresa (material, personal, financiera y contable), algunos de estos datos son considerados, por la mayoría de las empresas, de acceso limitado y confidencial, por lo que, en el caso de la utilización de un sistema informatizado en red, se deberá evitar que haya emisión de informes impresos de las áreas involucradas, para no perder el carácter sigiloso deseado.

Por la misma razón, la manipulación de estos datos debe ser limitada a personas con delegación de autoridad, concedida por el nivel de gestión adecuado de la empresa, pudiendo en ciertos casos, de ser necesario, efectuar esa delegación a través de la correspondencia específica, entre representantes de los directorios involucrados.

COSTOS DE EOUIPOS DE LA CONSTRUCCION CIVIL

Figura 49 - Gráfico de seguimiento de costos de equipos de construcción civil

Análogamente a lo que fue recomendado en el análisis del sistema de registro y de programación, utilizando una computadora personal o sistema en red, el programa de gestión de costos deberá prever la posibilidad de que el usuario efectúe alteraciones de los índices a ser calculados, en función de la experiencia adquirida o alteraciones estructurales.

Sin embargo, en este caso, debe ser preservada con mayor rigor, la acreditación de las personas autorizadas a efectuar esas alteraciones, en virtud de la implicación con valores obtenidos del banco de datos de otras áreas; siendo por lo tanto aconsejable que tal autorización, sea concedida directamente por el órgano estratégico de la empresa.

De igual manera, para personas autorizadas a efectuar alteraciones en los programas de emisión de informes de gestión, debe ser evitada la alteración del valor básico de referencia, ya que su modificación, ciertamente acarreará la pérdida de referencia de los nuevos índices con aquellos hasta entonces calculados.

4.6. Gestión de Mano de Obra

Todos los mecanismos de control de mano de obra, deben ser orientados en el sentido de obtener mayor aprovechamiento de los recursos humanos disponibles como un todo, como también propiciar al personal mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus atribuciones. El establecimiento de informes individuales, o sea, informes que particularizan a las personas que trabajan, en la ejecución de las actividades bajo la responsabilidad del órgano de mantenimiento, pueden producir reacciones, rechazos, indisciplinas y principalmente, el boicoteo de las informaciones para la alimentación del sistema de control.

Como en los índices de gestión de equipos y de gestión de costos, los resultados producidos deben ser sucintos y objetivos, para facilitar el análisis que nunca debe ser omitido y la implantación de providencias, que deben siempre ser dirigidas, para obtener el mejor desempeño de los equipos y evitar actitudes negativas, como por ejemplo: la proposición de licencia personal, debiendo esta atribución ser delegada a la decisión del supervisor de mantenimiento.

Como recomendación para la implantación de los métodos y procesos de recolección de datos de mano de obra, se sugiere la implantación de un plan de estímulos, como por ejemplo: la elección del empleado del mes que tendrá el reconocimiento por escrito, a través de una carta del Director o Presidente de la empresa. **De esta forma, quedará claro para los ejecutantes del mantenimiento, que los datos obtenidos tienen la finalidad de premiar en vez de castigar.**

Dentro de los índices de mantenimiento que se refieren a la mano de obra se destacan:

Trabajo en Mantenimiento Programado - Relación entre los hombres-hora gastados en mantenimientos programados y los hombres-hora disponibles, entendiéndose por "hombres-hora disponibles", a aquellos ejecutantes del mantenimiento, que se encuentren presentes en la instalación y físicamente posibilitados, a desempeñar los trabajos requeridos.

$$TBMP = \frac{\sum HHMP}{\sum HHDP} X100$$

Este índice puede ser subdividido en dos: Trabajo en Mantenimiento Preventivo **por tiempo** y Trabajo en Mantenimiento Preventivo **por Estado**, de acuerdo con la subdivisión indicada en el Capítulo 2.

Cuanto mayor sea este índice, mejor, dado que los valores de mantenimiento correctivo (medidos a través del índice siguiente) diminuyen.

Trabajo en Mantenimiento Correctivo - Relación entre los hombres-hora gastados en mantenimiento correctivo (reparación de fallas) y los hombres-hora disponibles

$$TBMC = \frac{\sum HHMC}{\sum HHDP} X100$$

Otras Actividades del Personal de Mantenimiento - Relación entre los hombres-hora gastados, en actividades no ligadas al mantenimiento de los equipos (Servicios de Apoyo - ver Capítulo 2. Conceptos básicos) pertenecientes a la Unidad de Producción y los hombres-hora disponibles.

$$OAPM = \frac{\sum HHSA}{\sum HHDP} X100$$

Capacitación del Personal de Mantenimiento - Relación entre los hombres-hora gastados en capacitación del personal de mantenimiento y los hombres-hora disponibles.

$$PECI = \frac{\sum HHEI}{\sum HHDP} X100$$

Este índice representa, una de las cuotas del índice "otras actividades del personal de mantenimiento", el cual es calculado para indicar, si la capacitación está mejorando la calidad del mantenimiento, debiendo ser comparado con el índice "horas de interrupción para reparos correctivos".

Horas No Calculadas del Personal de Mantenimiento - Relación entre la diferencia de los hombres-hora disponibles menos los hombres-hora trabajados sobre los hombres-hora disponibles, indicando por lo tanto, que lapso del tiempo del personal, no fue ocupado en ninguna actividad.

$$HNAP = \frac{\sum [HHDP - (HHTP + HHRC + HHSA)]}{\sum HHDP} X100$$

Este índice cuando es negativo, representa el exceso de servicios del personal de mantenimiento y cuando es positivo, puede ser interpretado como ociosidad del personal de mantenimiento, aunque necesariamente ésta no sea una verdad, ya que su valor, puede ser debido a la falta de registro del tiempo trabajado, por el personal en los formularios utilizados para ese fin (tarjeta de tiempo o la propia OT).

El índice de ociosidad del personal de mantenimiento (ausencia o espera de servicio), no debe ser confundido con el índice de improductividad. Según una investigación hecha en 35 industrias químicas en los Estados Unidos, por proceso de muestreo para un día de trabajo (8 horas - 480 minutos), el índice de improductividad del personal de mantenimiento fue de 67,29%, de los cuales apenas 9,17% eran de ociosidad - Figura 50.

IMPRODUCTIVIDAD DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO **Evaluación hecha en 35 industrias químicas en los EUA** **8 horas/día de trabajo (480 min)**		
DISTRIBUCIÓN	**TIEMPO**	**%**
Tiempo perdido por exigencias legales de contrato de trabajo y rutinas normales	78 min	16.25
Excesos practicados en el ítem anterior	35 min	7.29
Retardos y salidas anticipadas	21 min	4.37
Tiempo de ociosidad	44 min	9.17
Esperas	22 min	4.58
Caminando o transportando materiales y herramientas	77 min	6.04
Recogiendo materiales y herramientas	25 min	5.21
Recibiendo instrucciones	21 min	4.38
TOTAL (Tiempo improductivo)	**323 min**	**67.29**

Figura 50 - Evaluación del índice de improductividad en la industria química americana

Estructura - Personal de Control - Relación entre los hombres-hora involucrados en el control del mantenimiento y los hombres-hora disponibles.

$$EPCT = \frac{\sum HHCT}{\sum HHDP} X100$$

Estructura - Personal de Supervisión - Relación entre los hombres-hora de supervisión y los hombres-hora disponibles.

$$EPSP = \frac{\sum HHSP}{\sum HHDP} X100$$

Uno de los inconvenientes del uso de este índice, que indica la razón entre el número de supervisores y subordinados, es el sondeo del dato "hombres-hora de supervisión", ya que algunos supervisores no dedican su tiempo simplemente al mantenimiento, distribuyendo este tiempo entre las áreas de: operación, administración, material etc.

Estructura - Envejecimiento de Personal - Edad - Relación entre los hombres-hora del personal faltando "N" años para jubilarse (normalmente 1 o 2) y los hombres-hora disponibles.

$$EEPE = \frac{\sum HHPN}{\sum HHDP} X100$$

Clima Social - Movimiento de Personal ("Turn-Over") - Relación entre el efectivo promedio en los "M" meses precedentes y la suma de este efectivo con el número de transferencias y dimisiones voluntarias.

$$CSMP = \frac{EMMM}{EMMM + NOTR + NODV} X100$$

No todas las empresas permiten que este índice sea calculado, debido a que muestra la insatisfacción del personal. Siendo calculado, el decrecimiento (inferior a uno) puede alertar a los gerentes, que alguna cosa está afectando a la motivación del personal (salario, tratamiento, riesgo, etc.), lo que sondeado y solucionado, puede traer mejores índices de producción.

Efectivo Real o Efectivo Promedio Diario - Relación entre los hombres-hora efectivos menos los hombres-hora de licencia (vacaciones, accidentes, enfermedades salidas abonadas, capacitación externo, apoyo a otra área y faltas no abonadas) y los hombres-hora efectivos.

$$EFMD = \frac{\sum (HHEF - HHAP)}{\sum HHEF} X100$$

El valor de este índice, puede indicar la necesidad de un estudio del plan de vacaciones (cuota que más influye en el cálculo del numerador), o la incidencia de otros eventos, como: accidente, faltas no justificadas etc., que requiera la atención del Supervisor.

Tasa de Frecuencia de Accidentes - Número de accidentes con personal de mantenimiento por millón de hombres-hora trabajados.

$$TFAC = \frac{NACD}{HHTB} x10^6$$

Tasa de Gravedad de Accidentes - Hombres-hora perdidos debido a accidente por millón de hombres-hora trabajados.

$$TGAC = \frac{\sum HHAC}{HHTB} x10^6$$

Como sugerencias para el análisis de los informes de índices están:

1) El informe no debe presentar conclusiones especulativas. Las variaciones para mejor o peor, deben ser encaradas como síntomas que, discutidos en conjunto entre los órganos de control y ejecución, podrán indicar la necesidad de alterar los métodos de trabajo.

2) Antes de emitir comentarios sobre los resultados del análisis de los índices, el órgano de control, debe estar seguro de que los datos que les dieron origen son confiables.

3) El informe debe contener observaciones positivas junto con las negativas, siendo que en este caso (las observaciones negativas), deben estar acompañadas de sugerencias de alternativas para la mejora, que deben ser discutidas con los supervisores del área de ejecución del mantenimiento, antes del registro en el informe de análisis. Los informes que se limitan solamente a presentar fallas de los equipos de ejecución o de su administración, pueden acarrear insatisfacciones en esos equipos, que podrán tener consecuencias desastrosas, como por ejemplo: el suministro intencional de datos equivocados para la mejora de los resultados.

4) Para facilitar la composición del informe, algunos índices deben ser analizados en conjunto y de forma comparativa, como es el caso, de aquellos relativos a la aplicación de mano de obra en actividades programadas y reparos correctivos, para verificar si el aumento de uno (índice de preventivos) acarrea la reducción del otro (índice de correctivos).

5) Si la empresa posee varias Unidades de Servicio o Proceso geográficamente distantes, es aconsejable que los índices sean tabulados en conjunto, para permitir el análisis comparativo de los valores de una unidad con relación a las otras y el consecuente cambio de experiencias entre las direcciones.

6) Es válida la colocación de valores comparativos, entre periodos diferentes o valores promedios obtenidos en el año anterior, para su examen respecto a los resultados de disposiciones gerenciales, tomadas en función de análisis anteriores.

7) Establecer metas para la mejora de los índices, junto con el área ejecutante.

"Backlog" es el tiempo que el equipo de mantenimiento, deberá trabajar para ejecutar los servicios pendientes, suponiendo que no lleguen nuevos pedidos u órdenes de trabajo durante la ejecución de las tareas pendientes.

Desde el punto de vista de la Teoría de las Filas, es el tiempo que los pedidos de mantenimiento aguardan en la fila, para su atención, o sea, considerando al equipo de mantenimiento como una Estación de Servicio y las órdenes de trabajo en una fila de espera, el "backlog" será obtenido a partir de la relación entre la tasa de llegada y la tasa de ejecución.

Como el estudio del "backlog" trata de tareas pendientes para la atención de los servicios solicitados, se torna necesario elegir la unidad de tiempo para su medición. No existe una unidad fijada como estándar para los informes de "backlog", siendo responsabilidad del gerente de mantenimiento, la elección del estándar a utilizar para el área bajo su responsabilidad, sin embargo, la unidad más comúnmente utilizada es el "día".

El "backlog" es calculado por equipos, o sea, grupo de personas que desempeñan un determinado tipo de actividad. Las particularidades de los equipos consideradas para el cálculo de este índice, dependen del nivel de información existente en los archivos, es decir, si los hombres-hora son calculados de forma global, el "backlog" obviamente no podrá ser calculado a nivel de funciones.

El montaje de la planilla de "backlog" es realizada sumándose al total de hombres-hora existentes en el día anterior, a los valores de hombres-hora estimados de las órdenes de trabajo abiertas en el día y restándose los hombres-hora de las órdenes de trabajo ejecutadas. El resultado de esta operación, es dividido entre los hombres-hora promedio productivos del periodo considerado (normalmente el mes) - Figura 51

El valor a ser restado, relativo a las órdenes de trabajo ejecutadas, debe ser el mismo que fue atribuido en la estimación, aunque se posean los valores reales y que éstos sean distintos de los estimados.

Originalmente los cálculos de "backlog", eran realizados tomando por base los hombres-hora disponibles del equipo analizado. Sin embargo, para dar mayor exactitud a los resultados y a la luz del conocimiento, de que un profesional no es (ni puede ser) 100% productivo, durante su disponibilidad para el servicio, el cálculo pasó a ser efectuado relacionando los hombres-hora de servicios pendientes con relación a los hombres-hora productivos. Por simplicidad se utiliza, para el cálculo del hombre-hora productivo, el valor del hombre-hora disponible multiplicado por un factor de productividad del orden de 40% conocido como "factor alpha".

Por supuesto, que el “factor alpha” depende de cada persona, en función de: la formación, conocimiento, supervisión, recursos (máquinas y herramientas) etc.

Otra consideración que puede ser adoptada, en el caso de que se desee mayor precisión en los resultados, es utilizar un factor de corrección de la estimativa. En este caso, el factor a ser utilizado (conocido como "factor "betha"), es función de la persona que estimó los hombres-hora necesarios, para la ejecución de los servicios. Es-

te factor puede ser mayor que 1 (aplicado a personas que no dan mayor valor a los servicios) o menor que 1 (aplicado a personas que dan mayor valor a los servicios).

TABLA DE BACKLOG DE 12 MECANICOS POR DIA 36 H.h Productivos por día, a lo largo del mes				
	MES ANTERIOR		927	25.75
DÍA	ABIERTAS	EJECUTADAS	PENDIENTE	BACKLOG
01	32	43	916	25.44
02	11	32	895	24.86
03	13	54	824	23.72
04	10	49	815	22.64
05	12	48	739	21.64
06	13	36	656	21.00
07	19	35	660	20.56
08	13	33	600	20.00
09	13	32	581	19.47
10	17	33	515	19.03
11	15	41	509	18.31
12	19	37	501	17.81
13	11	38	504	17.06
14	15	35	514	16.50
15	22	39	517	16.03
etc.	.....	.....	.....	.....

Figura 51 - Ejemplo de tabla de "backlog" utilizando divisor de H.h. productivos

La exactitud del valor de "backlog", no es fundamental para las decisiones gerenciales, ya que el análisis tiene como objetivo más importante, la determinación de tendencias de variación del gráfico - Figura 52

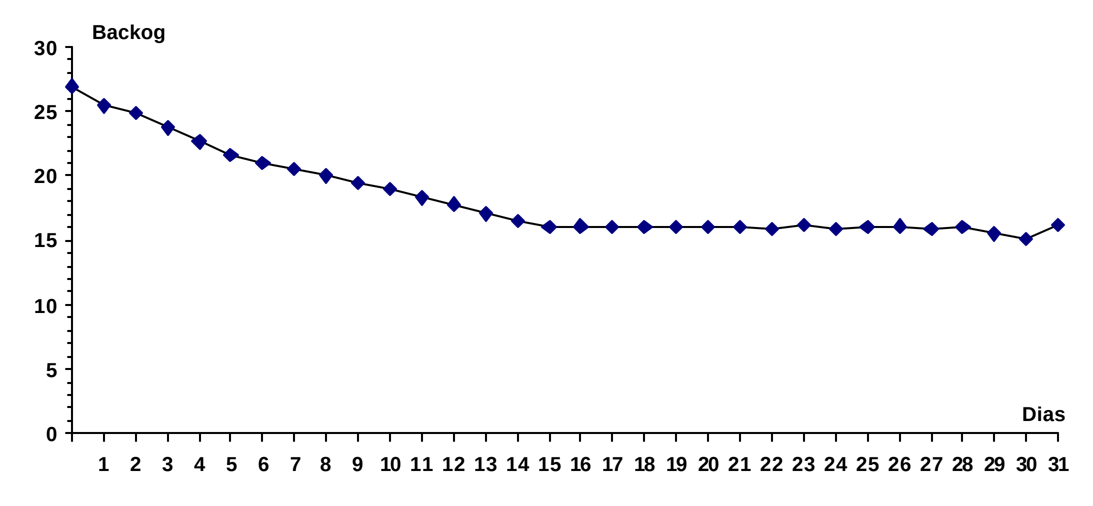


Figura 52 - Ejemplo de gráfico de "backlog" con configuración decreciente (1ª quincena) y estable (2ª quincena)

El gráfico de "backlog" puede presentarse bajo seis formas: estable, creciente, decreciente, creciente por escalones, decreciente por escalones y diente de sierra - Figura 53.

En estas configuraciones, deben merecer mayor atención de los gerentes, el "backlog" creciente, que puede indicar: insuficiencia de personal, mala calificación, deficiencia de herramientas o mala gestión directa, y el "backlog" decreciente, que ciertamente indica, superdimensionamiento del equipo con la consecuente producción de excesivas horas ociosas.

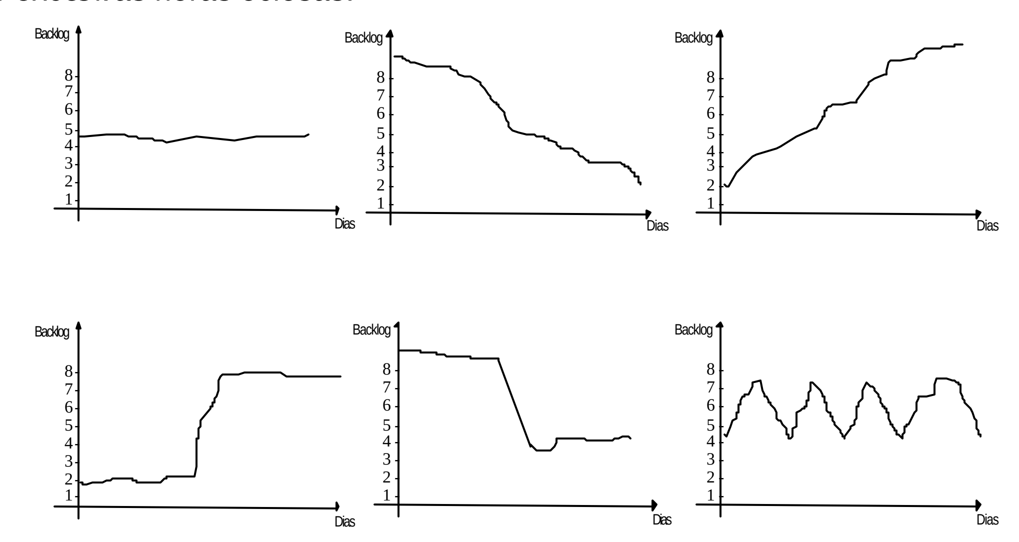


Figura 53 - Configuraciones de gráficos de "backlog"

El gráfico creciente en escalones, es típico de accidentes con un ser humano o con los equipos de la instalación (provocado por las fuerzas de la naturaleza, como: una tempestad etc.), o de naturaleza social, como: la visita de una alta autoridad a la empresa, o por una ampliación o modificación en la planta, o aun, un hecho imprevisible, como: la ruptura de un eje de una máquina de gran porte.

El gráfico decreciente en escalones, es típico de la tercerización, pudiendo también ser provocado por una campaña en la empresa, para disminuir el nivel de "backlog" con recursos propios.

El análisis de los resultados, del gráfico de **índices de distribución de la mano de obra por los diferentes tipos de actividades**, puede ofrecer recursos para algunas providencias gerenciales inmediatas según la siguiente relación:

1. Grandes oscilaciones de mano de obra en actividades programadas. Si tal cosa ocurre, es recomendada la reprogramación manual o automatizada;

2. Variación de mano de obra disponible durante largos periodos, que podrá indicar la necesidad de homogeneizar la programación de vacaciones del personal, ya que ése es el elemento que más influye en el parámetro;

3. Brusca reducción de la disponibilidad de mano de obra en un periodo corto, con perjuicio de los trabajos que puede indicar: accidente, capacitación externa, paro, prestación de servicios a otra área etc. En caso de que el hecho sea debido a

accidente o paro, debe ser analizada la posibilidad de aplicar medidas para evitar la repetición del hecho;

4. Variación de valores del correctivo. Cuando esto ocurre, se deben examinar gráficos de otros años, para verificar si el hecho es cíclico y en caso positivo, estudiar causas y reducir actividades programadas en esos periodos;

5. Incidencia de Servicios de Apoyo, en épocas de mayor consumo de mano de obra en actividades preventivas y/o correctivas, reduciendo la disponibilidad o acarreando exceso de trabajo del equipo de ejecución. Si así ocurriera, se debe reprogramar esas actividades de apoyo, con excepción de los trabajos de mejora de la seguridad.

6. Alternancia entre hombres-hora ociosos y hombres-hora con trabajo en exceso. Redistribuir las actividades programadas, buscando compensar la alternancia según criterios de prioridad de cambio, donde los trabajos de mejora de la seguridad del trabajo y mantenimiento preventivo en equipos Clase A, deben ser los últimos a ser cambiados. Son válidas aquí las recomendaciones hechas para los índices, por cuanto se refiere al análisis imparcial, comparativo y constructivo de los resultados del informe.

Uno de los motivos que encarecen el mantenimiento en tiempo y costo y, por consecuencia baja el desempeño de los equipos, son las **Horas de Espera,** definidas como la "cuota del tiempo ineficaz", durante el cual, ningún mantenimiento es realizado en el ítem, debido a la espera de suministros o por razones administrativas.

Normalmente este tiempo es debido a una falla de programación del mantenimiento y de las actividades programadas; puede ser fácilmente corregido desde el momento en que es debidamente identificado. La existencia de un programa que emita periódicamente los valores de espera, posibilita al gerente de mantenimiento tomar providencias para reducir al máximo dichas horas, aumentando la disponibilidad del personal y de los propios equipos.

Es recomendable que en la emisión de los informes, las horas de espera sean agrupadas por sector de mantenimiento y que, en su composición, sean distribuidas para las actividades y tipos de espera, pudiendo aun ser divididas para cada sistema operacional o equipo prioritario. Los resultados pueden ser colocados en la matriz así compuesta, bajo la forma absoluta o relativa, debiendo en este caso ser usado como referencia, el tiempo total de la actividad donde ocurrió la espera - Figura 54.

Para el procesamiento de este programa y emisión de los informes de gestión, es necesario que sean realizados los registros de dichos tiempos en las órdenes de trabajo o en la parte trasera de la Tarjeta de Tiempo y además de los valores; será necesario procesar las informaciones relativas al tipo de actividad donde ocurrió: la espera, el periodo, la especialidad o el sector de la mano de obra involucrada y el motivo que la originó, siendo este último, normalmente codificado.

Como en los demás programas aquí presentados, es necesario que exista confiabilidad de los datos a ser procesados, para evitar el descrédito del informe y la eficiencia de la acción correctiva.

En el caso de que los tiempos de espera sean procesados por computadora, ésta puede complementar el informe con detalle, de las órdenes de trabajo relativas a las "esperas", que presentaron valores relativos arriba de los límites de tolerancia superiores a los valores preestablecidos, para el análisis de causas y providencias de los supervisores.

HORAS DE ESPERA

Periodo: DD a DD/MM/AA Fecha de Emisión: DD/MM/AA

ITEM	REPUESTO ALMACEN		COMPRA REPUESTO		M.OBRA ESPECIAL.		M. OBRA NO ESPEC.		TRANS-PORTE		SOCORRO ACIDENT.		PENDENCIA ADMINIST.		FABRIC. PIEZA		COND ATMOSF.	
	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC	MP	MC
CHILLER UR1	-	-	6.8	-	8.9	-	-	-	-	-	-	-	-	8.1	-	-	-	-
CHILLER UR2	-	-	-	8.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHILLER UR3	-	-	3.5	9.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHILLER UR4	-	-	-	-	-	9.9	-	-	-	-	-	-	-	2.3	-	-	-	-
DESTILADOR 1	-	9.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.9	-	-
DESTILADOR 2	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DESTILADOR 3	-	-	-	6.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	-	-	-	-
DESTILADOR 4	-	-	-	-	-	8.9	-	-	-	-	-	-	-	6.5	-	-	-	-
DESTILADOR 5	-	-	-	7.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GR. ELECTROGENO 1	-	-	-	4.2	-	-	-	8.5	-	-	-	-	-	6.9	-	-	-	
GR. ELECTROGENO 2	-	-	6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NO BREAK	1.5	7.6	-	-	9.2	-	-	-	-	8.3	-	-	-	-	-	-	-	-
SECADOR DE AIRE	-	-	-	-	-	-	0.8	-	9.3	-	-	-	-	-	-	-	-	
TRAFO ASEA 1500		-	-	-	7.3	-	-	-	4.7	-	-	-	-	5.3	-	-	9.4	

Figura 54 - Ejemplo de informe de horas de espera

Se sugiere, como límites para el análisis de las órdenes de trabajo los valores de: 2% para mantenimiento preventivo y 10% para mantenimiento correctivo.

Se vio que en un proyecto moderno de órdenes de trabajo, es recomendable que sea incluido un campo, donde el usuario evalúa el trabajo realizado buscando la medición de la calidad de los servicios de mantenimiento.

Mensualmente, el sistema de gestión deberá emitir un informe, en forma de planilla, para cada sector de mantenimiento, acompañada por un gráfico de sectores (o "pizza") donde deberán contemplarse los porcentajes de servicios evaluados como "plenamente atendidos en el plazo", "fuera del plazo pero plenamente atendidos", "parcialmente atendidos en el plazo", "fuera del plazo pero parcialmente atendidos", "reservicios" y "no atendidos" - Figura 55.



Figura 55 - Ejemplo de informe de la calidad de los servicios de mantenimiento.

A partir del análisis de este gráfico, los gerentes buscarán evaluar las causas y tomar acciones correctivas necesarias para reducir, al máximo posible, las evaluaciones consideradas no aceptables para la excelencia de la calidad del mantenimiento.

4.7. Control Dinámico de Grandes Reparaciones

Normalmente, en épocas de grandes reparaciones, los supervisores de mantenimiento y operación, trabajan juntos para esquematizar la programación, de manera que se reduzca al máximo el periodo de indisponibilidad del sistema operacional o equipo sobre el cual, tal actividad será ejercida. Es común que esa actividad afecte otras áreas de la empresa, que también son involucradas en la planificación, además de la contratación de terceros, y eventualmente se solicita la participación de los representantes del fabricante y de empresas que participaron del montaje, con el objetivo de acelerar los servicios. En algunos casos la parada de un sistema operacional o equipo acarrea riesgos de accidentes, habiendo intervención del órgano de seguridad industrial y no es raro, que este tipo de parada, si no es ejecutado bajo controles rígidos, comprometa la productividad de la empresa.

Las tentativas de programación y acompañamiento de este tipo de actividad, a través del proceso manual, generalmente no tienen éxito, debido a la complejidad de la red de tareas y recursos involucrados, cantidad de datos a ser procesados, y posibilidad de ocurrencias aleatorias, durante los trabajos que pueden alterar algunos de los objetivos establecidos previamente.

Existiendo una base de datos de grandes reparaciones anteriores, similares a la que está por ocurrir, puede ser desarrollado un programa auxiliar llamado: "Resultado de Grandes Reparaciones" para calcular los valores promedios de recursos y duraciones de tareas ocurridas en el pasado, para suministrar beneficios para el proyecto de la nueva gran reparación.

Una vez definidos los criterios de tiempo y recursos, las informaciones deberán ser procesadas para el establecimiento de la previsión y ejecución de las tareas, diagramas de explicación de las diversas etapas y el establecimiento del camino critico. Existen, en el mercado del "software", varios utilitarios específicos que utilizan técnicas de PERT/CPM y Nivelación de Recursos, típicas de los Grandes Reparos ("Super Project", "Project for Windows", "Primavera" etc.) no siendo entonces necesario, el desarrollo de un programa específico para esta aplicación, que pueden ser utilizados, inclusive cuando el usuario utiliza solamente el sistema manual de recolección de datos, para la gestión del mantenimiento.

La previsión de ejecución, deberá ser verificada diariamente, para que se puedan corregir los desvíos entre los servicios programados y realmente ejecutados. Es aconsejable que esas representaciones gráficas, sean procesadas para el sistema completo y para algunos equipos y componentes, en los cuales habrá mayor concentración de trabajo. Para facilitar el acompañamiento, deberán ser procesadas programaciones diarias de trabajo con las respectivas tareas y duraciones. En caso de atraso en actividades del camino crítico, deberá haber el reprocesamiento de las actividades, buscando evitar el atraso en la previsión preestablecida de ejecución del reparo.

Para evitar perjuicios en el tiempo previsto para la reparación, deben ser procesados también las previsiones de ejecución de las actividades de apoyo, y antes del inicio del reparo, deben ser efectuadas evaluaciones, por cuanto conciernen los recursos de tales actividades, como también la necesidad de completar la provisión de herramientas, la lubricación y limpieza de las mismas, niveles de provisión de material y repuestos en el almacén, cantidad y estado de los vehículos de transporte de carga y de personal, refuerzos de alimentación para el caso de trabajo en turnos o en horas extras, organización de la documentación para la recolección de informaciones, ropas especiales para determinadas actividades, equipos de protección individual, limpieza, conservación de sanitarios, personal de apoyo para el registro de informaciones, transporte, bodega, herramientas y preparación de la alimentación.

La implantación del Control Dinámico de Grandes Reparaciones, necesitará de uno o más elementos para el acompañamiento y control. Estos elementos, que deben tener base técnica, tanto de las tareas a ser ejecutadas como de los mecanismos de control, deberán dar cobertura a toda la reparación, instalándose de preferencia en el local del reparo antes del inicio, para así, colectar y analizar todos los datos de las actividades, transferir dichos datos para el procesamiento, obtener y distribuir informes y, si es necesario, efectuar registros por lo que concierne a deficiencias presentadas por el programa.

4.8. Introducción al Mantenimiento Predictivo

Los estudios relativos a la confiabilidad vienen recibiendo, en los últimos años, la atención de especialistas en diversos ramos de empresas, particularmente ligados al área de mantenimiento. Muchos son los trabajos desarrollados y en actual desarrollo, buscando la aplicación del llamado "Mantenimiento Predictivo" o "Mantenimiento Previsivo", o "Control Predictivo del Mantenimiento", que tiene como objetivo, ejecutar el mantenimiento preventivo en equipos en el momento exacto, en que estos interfieren en la confiabilidad del sistema.

Se entiende por Control Predictivo de Mantenimiento, la determinación del punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, o sea, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables.

La determinación de ese punto trae como resultado, índices ideales de prevención de fallas, tanto en el aspecto técnico como en el económico, ya que, la intervención en el equipo, no es efectuada durante el periodo en que aún está en condiciones de prestar servicio, ni en el periodo en que sus características operativas están comprometidas.

Los estudios de determinación de ese punto, que es llamado “Punto Predictivo”, pueden ser realizados bajo dos formas, en función de las características de los equipos: Análisis Estadístico y Análisis de Síntomas.

El análisis estadístico, es aplicado cuando existe en la instalación, una cantidad apreciable de equipos o componentes con las mismas características, que puedan ser considerados como un "universo", para el desarrollo de los cálculos de probabilidades y que tienen características randómicas (aleatorias) de fallo, o sea, a los cuales no es posible hacer acompañamiento de sus variables.

El análisis de síntomas, es aplicado cuando es necesario el desarrollo de estudios para la determinación del punto predictivo, en equipos con características impares, con relación a los demás equipos instalados y en los cuales es posible hacer mediciones de sus variables.

En ambos casos, es recomendable que este trabajo sea desarrollado para equipos prioritarios de las instalaciones, ya que abarcan costos adicionales de inversión de material (instrumentos de medición) y mano de obra.

El análisis estadístico se basa en la determinación del término de vida útil, objeto del estudio en la curva de tasa de fallas con relación al tiempo, entendiéndose por tasa de fallas "la relación entre un incremento del número de fallas y el incremento correspondiente de tiempo, en cualquier instante de la vida de un equipo" y por vida útil "el periodo de tiempo, durante el cual el equipo desempeña su función con una tasa de fallas aceptable"(23).

Por simplicidad, se tratará el asunto a partir de este punto, relacionado a los equipos, sin embargo, el estudio del mantenimiento predictivo puede ser aplicado en las partes de un equipo (componentes), o en nivel más detallado, (piezas) o para un conjunto de equipos (subsistema o sistema operacional).

Tradicionalmente, la tasa de fallas representa la medida de probabilidad que un equipo que está operando presente fallas, o sea, deje de operar, cuando se incrementa un intervalo de tiempo. Para su determinación, es necesario agrupar los datos de muestreo de las ocurrencias por periodos de tiempo, determinar la "Función de Distribución Cumulativa" F(t) definida como: el número de ítems del universo que fallan en un determinado intervalo de tiempo.

La "Función Densidad de Probabilidad" F(t), definida como: la relación entre el número de equipos, que fallarán cuando se incrementa un lapso infinitesimal de tiempo, obtenida como la derivada de la función Distribución Cumulativa para un incremento de tiempo.

La relación de la primera con el simétrico de la segunda (1 - Función Densidad de Probabilidad), genera una función llamada "Probabilidad de Supervivencia", que representa la cantidad de equipos del muestreo que sobreviven, con relación al universo inicial cuando se incrementa un infinitesimal de tiempo.

Funciones según Weibull(29)

Wallodi Weibull, en sus estudios sobre la resistencia de aceros, estableció una expresión semi-empírica, con el objetivo de permitir:

a) representar fallas típicas de partida (mortalidad infantil), fallas aleatorias y fallas debidas a desgaste;

b) obtener parámetros significativos de la configuración de la falla a ejemplo del tiempo mínimo probable hasta la falla;

c) la representación gráfica y simple para su aplicación.

En función de la situación en que el equipo se encuentre, con el pasar del tiempo presentará uno de los tres estándares de falla. La composición de las tres condiciones que normalmente representan las fases de vida de una instalación, equipo o pieza es conocida como "Curva del Ciclo de Vida" - Figura 56.

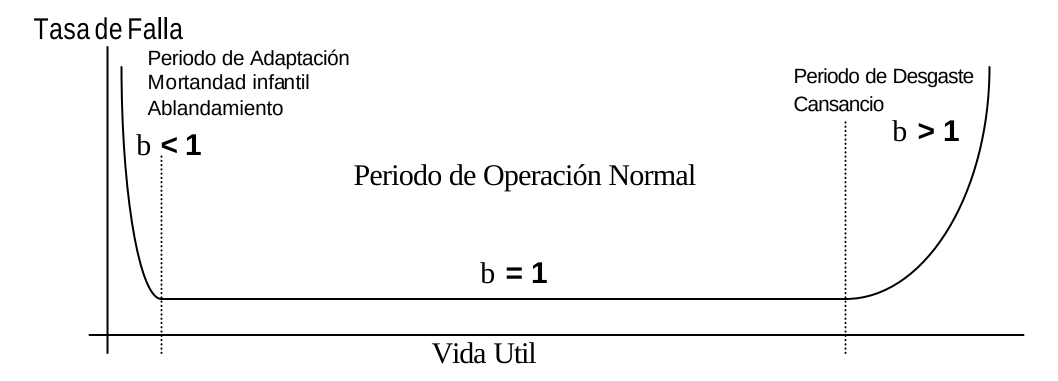


Figura 56 - Curva de la bañera o curva del ciclo de vida de un equipo

La elección apropiada de ß en la distribución de Weibull, permite su uso para representar una larga banda de aplicaciones, incluyendo tanto las fortuitas, que se comportan según un Exponente Negativo, como las que se comportan aproximadamente según una Distribución Normal. No obstante la experiencia, haya mostrado que la función de Weibull, puede ser usada para una gran mayoría de modelos de falla, es esencial notar que se trata de una función promedio empírica y puede no ser capaz de representar, algunas distribuciones particulares encontradas en la práctica.

El valor ß = 1 (tasa de fallas constante) puede ser indicativo, que modos múltiplos de falla existente o, que los datos de los tiempos para fallas son sospechosos. Este es frecuentemente el caso de sistemas, en los cuales diferentes componentes tienen diferentes edades y el tiempo individual de operación de los componentes no está disponible. Una tasa de fallas constante, puede también indicar que las fallas son debidas a eventos externos, tales como el uso indebido del equipo o deficiencia de las intervenciones para mantenimiento.

NOTA: *En la presentación de este tópico transcribimos el trabajo "Mantenimiento - Conceptos Básicos" del Ingeniero Haroldo Rittmeister*[30].

En los conceptos presentados a continuación, está siendo utilizada por conveniencia, como referencia una pieza del equipo, sin embargo, esos conceptos son válidos igualmente si son aplicados: al Sistema Operacional, Equipo o Componente.

Especificación de origen y degeneración

Toda pieza es caracterizada, por valores de grandezas mensurables y por procesos específicos, establecidos en su proyecto, fabricación o instalación. Al conjunto de valores que definen la condición inicial de la pieza, se llama Especificación de Origen identificada por $\{E_0\}$.

La utilización y/o exposición de la pieza a agentes externos, hace que $\{E_0\}$ se transforme en $\{E\}$, o sea:

$$E_{01} \rightarrow E_1$$
$$E_{02} \rightarrow E_2$$
$$E_{03} \rightarrow E_3$$
....
$$E_{0n} \rightarrow E_n$$

$$\text{Sea: } [E_{0i} \rightarrow E_i] = \Delta$$

La ocurrencia de Δ diferente de cero, significa la degeneración de la pieza y su valor podrá determinar, una condición inaceptable de utilización.

Vida útil

Por simplicidad se considerará apenas uno de los elementos "E" del conjunto "{E}" y la variación de "E" en función del tiempo, representa la curva de degeneración "E(t)". Por conveniencia está siendo utilizado como variable independiente el tiempo (t), sin embargo, podrían ser utilizadas, según el caso a estudiar, otras variables como Toneladas, Litros, Kw-hora, Ciclos etc.

Sea "E_u" un valor fijado por un criterio técnico económico tal que:

Mientras "E" sea mayor que "E_u", tenemos la condición técnico económica aceptable de utilización;

Cuando "E" sea menor o igual a "E_u", tenemos la condición técnico - económica inaceptable de utilización.

La intersección de la curva de degeneración con el valor de "E_u" , determina la vida útil de la pieza y todo el concepto, está basado en curvas de degeneración, donde "E(t)" es menor o igual a "E_0 ". Para casos en que "E(t)" es mayor o igual a "E_0 ", el tratamiento sería semejante y no alteraría los conceptos emitidos. Figura 57.

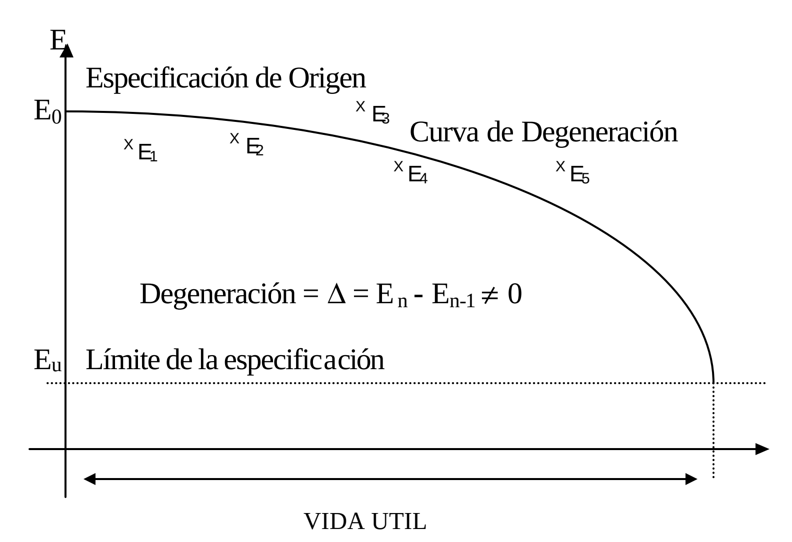


FIGURA 57 - Curva de degeneración con la determinación de la vida útil

En el mantenimiento preventivo convencional se ejecutan acciones correspondientes a los pasajes de las condiciones:

$$E_{(tp1)} \rightarrow E'$$
$$E_{(tp2)} \rightarrow E''$$
$$... \text{ etc.}$$

La ocurrencia de valores de "E" menor o igual a "E_u", caracteriza al Mantenimiento Correctivo y esto puede ser debido a una de las dos situaciones siguientes.

a) inexistencia de anomalía brusca en la curva de degeneración, sin embargo, el valor de "E" alcanza o queda menor que el valor de "E_u" y consecuentemente el valor de "t_e" queda igual o mayor que el valor de "t_u".

b) existencia de anomalía brusca en la curva de degeneración que causa que el valor "E" caiga a valores inferiores a "E_u" en un tiempo "t_e" menor que el valor de "t_u".

Inspección predictiva / Mantenimiento predictivo

La inspección convencional determina apenas los valores "E(t)" y si fueran hechas de forma sucesiva, permiten la extrapolación para la determinación de "t_u". Muchas veces la pieza no es accesible y hay necesidad de desmontaje, con la interrupción de la producción.

En la Inspección Predictiva, los valores de "E(t)" son medidos a través de sensores adecuados sin interrupción de la producción (monitoreo). Esos valores reciben tratamiento matemático, con la determinación del mecanismo de degeneración, con el objetivo de prever la ocurrencia de una anomalía en la curva de degeneración y la optimización de los tiempos "t_{pi}".

La determinación de las curvas de degeneración de las diversas variables, permitirá determinar los tiempos "t_u" que indicarán las mejores épocas para la intervención en el equipo. Las intervenciones, según esta técnica de análisis, caracterizan el Mantenimiento Predictivo que tiene por objetivo:

1 - Aumentar los valores "E_0 ", " E' ", " E'' " etc.

2 - Aumentar los valores "t_{0i}" por alteración en el desarrollo de la curva "E(t)".

Ese tipo de mantenimiento empieza en las fases de especificación, proyecto, fabricación e instalación logrando:

- La minimización de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo;
- La maximización de la eficiencia del mantenimiento.

CAPITULO 5

LA TERCERIZACIÓN EN EL MANTENIMIENTO

5.1. ¿Por que Tercerizar?

En mantenimiento, es siempre recomendable que los servicios de terceros, sean aplicados adecuadamente y bien controlados. De esta práctica resultan economías favorables, rapidez de soluciones, alternativas para situaciones difíciles y garantía de atención a grandes volúmenes de trabajo.

Tienen influencia fundamentalmente en tres aspectos:

- Equipos de tecnología avanzada, que requieran personal muy especializado y/o herramientas y/o materiales específicos;
- Servicios de naturaleza no continua y/o con costo definido (jardinería, pintura de edificios e instalaciones, equipo de oficina etc.);
- Servicios no relacionados con la actividad final de la empresa (seguridad, alimentación, limpieza etc.).

Teóricamente la tercerización tiene como principales fundamentos[32]:

- Liberación del cliente para cuidar su actividad fundamental;
- Obtención de especialización (tecnología);
- Mejora de la calidad de los servicios;
- Reducción de los costos operacionales.

El resultado de la reducción de mano de obra debido al proceso de tercerización, no significa, de manera alguna, aumento de desempleo en la comunidad[33].

Antes de iniciar o ampliar la cantidad de servicios contratados a terceros, se deben considerar las siguientes medidas:

- Establecer una clara definición en la especificación de los servicios, tipo y programa de mantenimiento a cubrir, así como todos los aspectos referidos a repuestos, periodicidad de intervenciones, garantía de los servicios, calificación del personal técnico de los servicios, rapidez de soluciones, aspectos que deben ser considerados en las licitaciones y/o invitaciones a empresas contratistas.
- Elaborar el mejor contrato posible para obligar, al proveedor, el estricto cumplimiento de los servicios conforme a las especificaciones contempladas en el ítem anterior.
- Las especificaciones y el contrato, no obstante ser importantes, no mejoran los servicios si no se incrementa la participación y la responsabilidad del gerente de mantenimiento, que debe intervenir desde la especificación hasta la supervisión concreta de los servicios contratados.

Se puede definir un Contrato de Servicio como un "Documento legal" donde se formaliza una relación de prestación de servicio de una persona civil o jurídica para otra persona civil o jurídica[34].

Un contrato está compuesto por: Objeto; Obligaciones mutuas; Precio y valor, Forma de pago; Reajuste de precios; Plazos; Multas; Fiscalización; Aceptación; Rescisión; Cesión; Incidencias fiscales; Foro y Encerramiento (fechas y firmas)[34].

Los cuidados en la contratación para no constituir el vinculo de trabajo del empleado de la prestadora de servicios son[34]:

1) No contratar, en principio, los servicios que impliquen solamente mano de obra, cuando se encuadren en las rutinas normales y permanentes de las actividades objeto de la empresa;
2) Atribuir como responsabilidad integral de la contratada la cantidad; selección y calificación técnica, compatibles con los servicios contratados;
3) No permitir la utilización conjunta de personal de la contratada con el personal de la empresa, en la misma tarea;
4) Adoptar, preferiblemente, la forma de pago que abarque el total del servicio o retribución parcial de fácil evaluación, evitándose el pago por hombres-hora;
5) Impedir el uso, por el personal de la empresa contratada, de formularios u otros papeles que sean exclusivos de la empresa contratante;
6) Prohibir que los trabajadores de la empresa contratada, sean utilizados en servicios que no estén o no sean especificados en el contrato;
7) Evitar que la fiscalización de la empresa contratante interfiera o de órdenes a los ejecutantes del servicio. Esto debe ser hecho a través del responsable de la empresa contratada;
8) No permitir que el control de asistencia del personal de la empresa contratada sea hecho a través de los mismos medios o instrumentos usados por la empresa contratante.

Según Jerônimo Leiria[33], la contratación, cuando es bien administrada, solamente trae ventajas para el contratante y el contratado y, cuando en el momento actual sea legal, estratégico y oportuno.

Legal, en el sentido de que la voluntad de la empresa sea consagrada, desde que son tomadas las debidas precauciones legales en la contratación (registro de los empleados, control de asistencia, composición de los salarios, documentos usados para comprobar el pago de salarios y beneficios sociales, pago de prima adicional por trabajo nocturno, existencia de un contrato de trabajo, vacaciones y demás determinaciones que protegen al trabajador - obligaciones sociales y de seguridad industrial en el trabajo).

La actividad objeto del tercero debe ser considerada como actividad medio de la contratante. Así, puede ser delegada al órgano del PCM (Planificación y Control de Mantenimiento) la evaluación del "costo x beneficio" en mantener o tercerizar algunos servicios, además de elaborar, junto con el área de contratos, propuestas de procedimientos para la selección y evaluación de los servicios de terceros, con el objetivo de suministrar beneficios a la gerencia por la decisión a ser tomada.

Dentro de los criterios de elaboración de los contratos, deben ser establecidas cláusulas especificas para evitar la práctica del "mercantilismo", o sea, al intermediario tomando parte del salario de sus empleados.

En este sentido, la idoneidad de la prestadora de servicios puede ser investigada, tomando como referencia: su contrato social; su actividad objeto; su composición social; las responsabilidades de los socios; su capital social; su patrimonio; sus capitales asegurados y su situación frente a la justicia laboral.

Estratégico, por permitir la transferencia, de las actividades que no agregan valor a los productos o servicios de la empresa, hacia terceros con la reducción de actividades y costos administrativos

¿Que es más esencial: hacer bien todo lo que tiene que ser hecho o ser excelente en la esencia de lo que tiene que ser hecho?

Es más lógico, en los aspectos económico y administrativo, tercerizar todas las actividades no esenciales.

Oportuno, por el hecho de que la alteración de los conceptos de la justicia laboral, que pasa a atribuir mayor prioridad a los intereses colectivos con relación a los intereses individuales.

La justicia laboral reconoce la necesidad de cambios para mantener a las empresas competitivas, por considerar más importante la preservación de los intereses colectivos sobre los individuales. A esto se suma el debilitamiento de la influencia de los Sindicatos, por la mala gestión de algunos de sus dirigentes.

En la planificación de actividades de terceros en mantenimiento, deben ser analizados los siguientes objetivos principales[34].

- Identificar a los usuarios responsables y desarrollar los servicios que serán tercerizados;
- Identificar las actuales deficiencias que dificultan la implantación de un proceso de tercerización;
- Establecer metas y objetivos para la implantación de la tercerización en el mantenimiento;
- Determinar si es realmente posible "automatizar" los servicios de mantenimiento y, si así fuera, sugerir esquemas aceptables;
- Preparar una previsión de actividades, tiempos y recursos, que serán usados para conducir la implantación de la tercerización en el mantenimiento.

Etapas de la tercerización[34]:

1) Desarrollo gerencial:

   Comprometer a los gerentes en el proceso;

   Eliminar la resistencia al cambio;

   Desarrollar nuevas habilidades inherentes al nuevo foco gerencial.

2) Implantación

Identificación de las áreas posibles a tercerizar;

Formular criterios que serán exigidos a los prestadores del servicio.

3) Estrategia:

Acompañar la ejecución del contrato y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos.

Restricciones[34]:

Generadas por la empresa contratante

Estructura financiera;

Estructura administrativa compatible con la tercerización;

Legislación y normas pertinentes a la tercerización;

Hábitos y valores de los individuos integrados en la empresa.

Generadas por el proyecto

"Know-how" y experiencia;

Recursos de personal y mano de obra especializada;

Tiempo o limitación de plazo;

Recursos financieros;

Recursos físicos (máquinas, instalaciones y equipos);

Compatibilidad/integración con otros sistemas de mantenimiento.

Generadas por los elementos del sistema

Tiempo de respuesta;

Operacionalidad;

Capacidad para ejecutar los servicios;

Confianza y ética;

Flexibilidad;

Versatilidad;

Modularidad de las empresas contratadas;

Disponibilidad dentro de la rutina del mantenimiento preventivo.

Generadas durante la implantación

Educación / cursos / capacitación;

Documentación;

Tiempo (plazo);

Recursos de personal;

Recursos de equipos y herramientas.

5.2. Distorsiones de la Tercerización

La inexistencia de un sistema continuo de investigación y evaluación de talleres o empresas prestadoras de servicio externo, normalmente produce una actividad considerada insatisfactoria por falta de normas de referencia.

Lamentablemente, la conducción de los procesos de tercerización basados únicamente en el aspecto de costos (en el caso de las estatales brasileñas debido a la ley 8666), han obtenido como resultado, en muchas empresas, las siguientes distorsiones [32]:

- Subempleo;
- Improvisación;
- Alta rotación;
- Falta de recursos para desarrollar tecnología y capacitación;
- Decepción;
- Descrédito.

En ocasión del 8º Congreso Brasileño de Mantenimiento (São Paulo, 25 - 29 de Octubre de 1 993), se formuló la siguiente pregunta a un representante del gobierno brasileño: "¿Por qué tercerizar?", a lo que de forma muy clara respondió: - "En nuestro país (Brasil), la necesidad de tercerizar estaba muy ligada a la reducción de la influencia política del "empleismo" por parte de miembros de los poderes ejecutivo, legislativo y judicial en las empresas estatales".

Esta respuesta objetiva y coherente, ciertamente justifica el incremento, en 12 años, del índice de tercerización en la industria brasileña cerca del 217%. Según una investigación de la Associação Brasileira de Manuntenção (ABRAMAN) [35] en 1999 este índice de tercerización, representa el 18,53% de la mano de obra aplicada en mantenimiento, contra el 6,8% en 1985 [36] - Figura 58.

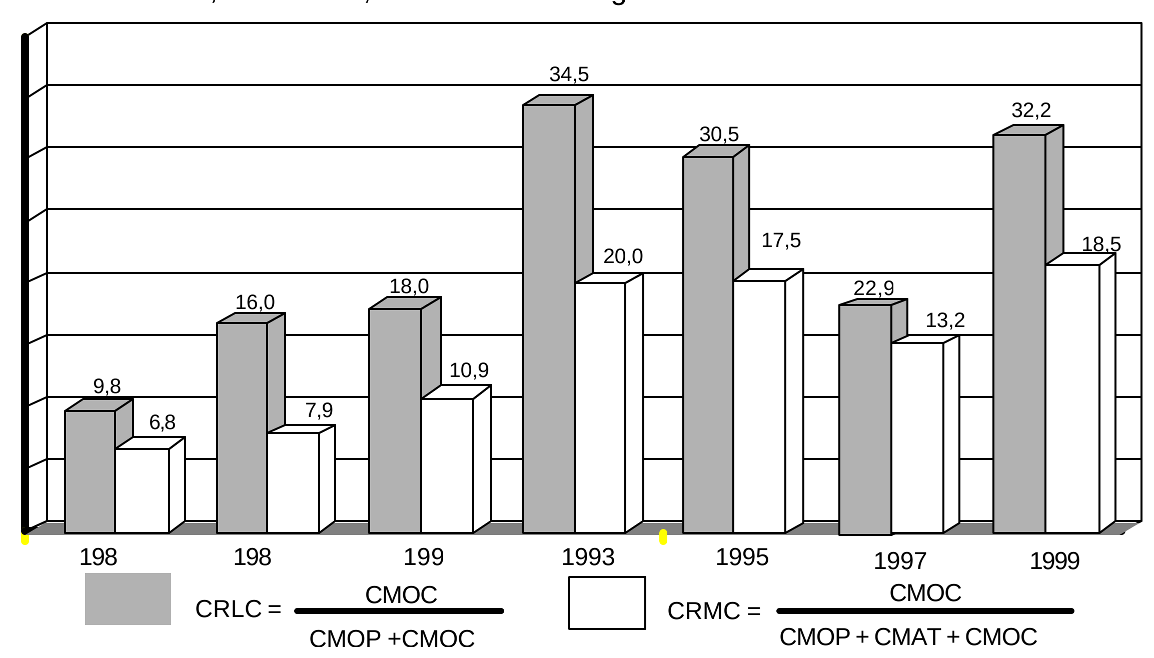


Figura 58 - Evolución de los costos relativos de tercerización en Brasil

En esta figura CRLC, representa el costo relativo de contratación considerando apenas la relación entre la mano de obra contratada (CMOC) y la mano de obra propia (CMOC), como es calculado por ABRAMAN, mientras CRMC representa el costo relativo de contratación con relación a los gastos totales (mano de obra - CMOP; material - CMAT y mano de obra contratada - CMOC).

La tabla ilustrada en la Figura 59 presenta el desarrollo de la contratación de servicios por sectores.

Setores / Años	1984	1988	1990	1993	1995	1997	1999
Azucar/alcohol	-	9,5	-	30,8	17,1	16,9	43,1
Automotivo	-	2,8	1,0	22,6	25,0	30,0	-
Cemento	6,8	33,4	8,8	23,2	35,6	21,7	56,2
Electricidad	16,2	22,2	19,1	31,5	11,3	7,0	15,0
Fertilizante	-	-	19,6	43,0	21,3	-	-
Máquinas/Equipos.	2,8	15,3	13,8	20,4	21,7	15,0	31,0
Minería	6,2	6,3	12,1	25,5	15,0	23,3	13,3
Papel/ Celuloza	9,1	35,0	28,2	28,8	23,9	35,0	33,8
Prestación de servicios	-	-	9,0	22,6	33,8	7,2	19,0
Petróleo	22,2	48,6	43,0	54,4	54,3	60,6	64,2
Petroquímica	24,6	34,4	41,0	38,5	48,6	31,0	38,1
Química		27,5	37,2	29,2	42,2	18,8	28,3
Siderurgia	5,1	19,0	16,7	24,8	26,7	31,7	41,0
Textil	-	22,4	7,3	30,8	20,0	7,0	11,67
Transporte	5,7	11,5	9,2	29,9	11,0	35,0	12,5
Brasil	9,8	16,1	18,0	34,5	30,6	23,0	32,2

Figura 59 - Evolución de los costos relativos de tercerización por sectores

"Los servicios de mantenimiento se entablan a duras penas en el camino de la tercerización. La realidad ha sepultado sueños de cortar costos y facilitar la administración propia. Gran número de empresas ha comprado problemas en vez de soluciones"[37].

Esta afirmación puede ser comprobada en varios ejemplos brasileños y extranjeros, cuya tercerización de la función mantenimiento, ha sido altamente perjudicial a la empresa. La controversia respecto al éxito de la tercerización en esta área, puede tener tres justificativos:

- El mantenimiento es una actividad objeto de la empresa, pues participa directamente del proceso productivo;
- La tercerización ha sido hecha bajo un contrato deficiente, que no se preocupa en preservar el acervo histórico de las intervenciones por la empresa contratada;

- El contrato se ha efectuado con una empresa no calificada (o no especializada) para el servicio.

Los siguientes son cuidados que en un análisis de implantación se pueden aportar, para la firma de un contrato exitoso de tercerización:

1) Establecer reglas, bien claras para dirigir las acciones de las dos empresas.
2) Definir métodos de control en todas las actividades comunes a las empresas y capacitar a los funcionarios para seguirlas.
3) Prohibir que funcionarios externos ejerzan funciones "vulnerables", como: compras, almacenamiento e informática.
4) Consultar siempre con el departamento jurídico para la elaboración de los contratos de tercerización.
5) Identificar y corregir continuamente puntos financieros y administrativos con falla en el contrato y relación de las empresas.

No se puede afirmar que una "tercerizada" siempre ofrezca a sus empleados menores salarios que la empresa contratante, no obstante en el computo de los beneficios, esta afimación sea valida. Tal vez en este punto exista una real reducción de costos. Mientras, el principal factor que puede justificar menores gastos con personal en las contrataciones está en el obsolescencia de los procedimientos.

Este cuadro está siendo drásticamente cambiado, por la exigencia de competitividad, llevando a muchas empresas al análisis de la estabilidad de algunos cargos, inclusive de alto nivel gerencial. Lamentablemente, en algunos casos ese resultado aun no es efectivo, debido a que, los que toman estas decisiones, no siempre están debidamente calificados para hacerlo.

5.3. Asociación y Cuarterización

Una solución que está siendo practicada con éxito por algunas empresas, es el establecimiento de una relación de asociación con los terceros. Existen empresas que establecen, con el propio personal de ejecución de los servicios de mantenimiento, una relación de tercerización, garantizando de esta forma la continuidad de la calidad de los servicios sin grandes cambios.

El proceso de asociación, puede ser (y ha sido), una excepcional solución para que la empresa desde su creación tenga la adecuada capacitación y soporte logístico, administrativo, contable y jurídico para su funcionamiento. De ninguna forma se puede afirmar que un buen técnico va ser también un buen administrador, aun cuando trate de administrar su propio negocio.

Otro riesgo que el proceso de asociación puede producir, es la pérdida de interés de los terceros, por la consiguiente pérdida de algunos beneficios que tenían cuando eran empleados de la empresa.

En Brasil ya se practica la "Cuarterización", donde la administración de las empresas tercerizadas es hecha a través de una "cuarta" empresa, que ofrece la garantía del soporte necesario para el buen resultado de las prestadoras de los servicios objeto,

reduciendo de esta manera los riesgos provenientes de la mala calificación en actividades que no se relacionan.

Esta alternativa es valida, cuando existe una relación muy clara entre las tres partes implicadas y cuando los beneficios son repartidos entre ellos.

La base del proceso de cuarterización es la transferencia para la administradora de las "terceras" de las siguientes atribuciones[32]:

- Actuar como agente facilitador en el direccionamiento del cliente para su propio negocio;
- Acelerar la búsqueda de los asociados;
- Actuar en las distorsiones de la tercerización (acción correctiva);
- Obtener economía de escala en compras;
- Garantizar la homogeneización de las prácticas (estándares de procedimientos);
- Orientar e incentivar la capacitación (con la posibilidad de la capacitación cruzada e intercambio entre las "terceras");
- Orientar e incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías;
- Centralizar la gerencia, con la obtención de mayor agilidad en las decisiones y acciones.

Para evitar los mismos riesgos de los procesos indebidos de tercerización, la selección de las "cuartas", debe ser realizado según un proceso de asociación siguiendo determinados criterios[32]:

- Obtención de referencias en lo que se refiere a la experiencia de la administradora en esa actividad;
- Conocimiento de los valores y de la cultura organizacional;
- Tener el foco en el cliente (no solamente por parte del primer nivel, si no también por todos los funcionarios).

La elaboración del contrato debe ser pautada según los siguientes requisitos:

- Pago en función del resultado ("contrato de riesgo");
- Ausencia de cláusula de exclusividad;
- Obligatoriedad de incentivar la competencia de las "terceras";
- Previsión de cierre a cualquier momento (denuncia) según las siguientes condiciones:
  - Exigencia de nivel de servicios diferentes del existente;
  - Compatibilidad de precios con el mercado.
- Representar convergencia de esfuerzos y objetivos;
- Representar la posibilidad de crecimiento en todos los sentidos.

CAPITULO 6

TPM - MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

6.1. Conceptos del TPM[38]

TPM es la sigla de "Total Productive Maintenance" (Mantenimiento Productivo Total) y es una técnica desarrollada en el Japón en la década de 1 970, como una necesidad de mejorar la calidad de sus productos y servicios.

Tiene como concepto básico "la reformulación y la mejora de la estructura empresarial a partir de la reestructuración y mejora de las personas y de los equipos", con el compromiso de todos los niveles jerárquicos y el cambio de la postura organizacional.

Aplicado a la industria se puede interpretar como:

"CONSERVACIÓN DE LOS MEDIOS DE PRODUCCIÓN POR TODOS"

El TPM es una técnica que promueve un trabajo donde están siempre unidos, según los mismos objetivos: el Hombre, la Máquina y la Empresa.

De esta manera, el trabajo de conservación de los medios de producción, pasa a ser preocupación y acción de todos, desde el directorio hasta el operador del proceso (o servicio).

El TPM compromete la eficacia de la propia estructura orgánica de la empresa, por medio de mejoras a ser introducidas e incorporadas, tanto en las personas como en los equipos.

"TPM es una herramienta poderosa para vencer el desafío de la productividad y de la calidad".

De esta forma, se puede decir que el TPM es una técnica de administración de la producción que posibilita la garantía de producir productos con calidad, a menores costos y en el momento necesario.

Con relación a los equipos, significa promover la revolución junto a la línea de producción, a través de la incorporación de la "Ruptura cero", "Defecto cero" y "Accidente cero".

El TPM es la continuidad de la evolución de metodologías tecnológicas de mantenimiento, según tres etapas precursoras, conocidas como: Escuela Latina (Francia - mitad de la década de 1 960), Investigaciones Rusas (Rusia - al término de la década de 1 960) y Terotecnología (Inglaterra - inicio de la década de 1 970).

La **Escuela Latina** presupone que el aumento de la productividad de las empresas, se obtiene a través del mantenimiento que, por medio de un Sistema informatizado e integrado, moviliza los recursos y trabajo en equipo de varios segmentos y diferentes niveles de jerarquía, motivados y coordinados bajo una misma dirección, o sea, el mantenimiento coordina grupos de trabajo en diversos niveles de supervisión buscando mayor eficiencia y disponibilidad de los equipos.

En las **Investigaciones Rusas** es creado el concepto de "Ciclo de Mantenimiento", definido como: el intervalo comprendido entre dos "Revisiones Generales", que implican todos los trabajos de ajustes y sustituciones ejecutadas, durante ese período. Entre dos "Revisiones Generales", son intercaladas inspecciones sistemáticas de detección de averías o verificaciones diversas. Esta teoría se desarrolló posteriormente, para el llamado Mantenimiento Selectivo.

La **Terotecnología** es la alternativa técnica capaz de combinar los medios financieros, estudios de confiabilidad, evaluaciones técnico económicas y métodos de gestión, con el objetivo de lograr que los ciclos de vida de los equipos sean cada vez menos dispendiosos (el mantenimiento es el corazón de cualquier sistema terotecnológico)

Son objetivos del **TPM** (39):

1. Constituir una estructura empresarial que busque la máxima eficiencia del sistema de producción (o servicio) - rendimiento global;
2. Constituir, en el propio local de trabajo, mecanismos para prevenir las diversas pérdidas, obteniendo el cero accidente, el mínimo de defectos y el mínimo de fallas, teniendo como objetivo: disminuir el costo del ciclo de vida del sistema de producción;
3. Comprometer a todos los departamentos, comenzando por el de producción (operación + mantenimiento) extendiéndose a los de desarrollo, ventas, administración etc. (incluyendo terceros);
4. Contar con la participación de todos, desde los directores hasta los operarios de primera línea;
5. Obtener la pérdida cero por medio de actividades simultaneas de pequeños grupos;
6. Mejorar la calidad del personal (operadores, mantenedores e ingenieros);
7. Mejorar la calidad de los equipos, a través de la maximización de su eficiencia y de su ciclo de vida útil;
8. Mejorar los resultados alcanzados por la empresa (ventas, satisfacción del cliente, imagen etc.).

Con el objetivo de conciliar los intereses de los accionistas, a través del rendimiento del capital, de los empleados, de la mejora de conocimientos, estímulos económicos, ambiente de trabajo saludable y de la satisfacción de los clientes, a través de la mejora de los plazos de entrega, mejora de la calidad y reducción de los precios, debe ser la realización de la correcta administración (40):

Recursos humanos - a través de la capacitación

Proceso - a través del TQC (ciclo de calidad total);

Materiales - a través del "just in time" (tener en el momento justo)

Medios de producción - a través del TPM.

De esta forma, se puede considerar que el TPM promoverá(40):

- Mejoramiento del personal, a través del cambio de mentalidad de todos, la adopción del mantenimiento espontáneo por los operadores, la

capacitación del personal de mantenimiento y el estímulo a la revisión del proyecto de máquinas, con el objetivo de mejorar su vida útil y su mantenibilidad;

- Mejoramiento de máquinas e instalaciones: a través de la mejora de la eficiencia global, de la eficiencia técnica y del factor de utilización;
- Mejoramiento de la cultura empresarial, a través de la eliminación de tiempos de espera, resultados económicos y creación de un trabajo seguro, agradable y sin polución;

De acuerdo con informes divulgadas por el JIPM - "Japan Institute of Plant Maintenance" (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta), con la aplicación del TPM se puede obtener los siguientes efectos tangibles(40):

- Mejora de la productividad por valor agregado - de 1,5 a 2 veces;
- Reducción de la proporción de defectos en proceso - de 10/1;
- Reducción en la proporción de reclamos de los clientes- de 4/1;
- Reducción de los costos de producción - 30%;
- Reducción del almacenamiento de productos - 50%
- Obtención del cero accidente en el lugar de trabajo y cero contaminación.

Y los siguientes efectos intangibles, principalmente en el factor humano:

- Control totalmente autónomo de los equipos ("Jishu Hozen"). Culto de la mentalidad "a mi equipo lo cuido yo";
- Estímulo de la confianza en si mismo, obtenida por la aplicación de la política de "ejecutando se consigue", alcanzando el mínimo de falla y el mínimo de defecto;
- Desarrollo del "sentido de responsabilidad", a través de la aplicación de las "5S";
- Construcción de un ambiente de trabajo salubre, pues el mismo se torna limpio, sin residuos de lubricantes o suciedades (sentido de limpieza y sentido de aseo de los "5S");
- Proporcionar la imagen de una buena empresa para los visitantes, que se asociará a nuevos pedidos para el sector de ventas.

La filosofía del TPM busca eliminar los 6 tipos de pérdidas que disminuyen la eficiencia(39).

Considerando el potencial de trabajo de una máquina en un turno laboral, se identifica inicialmente su "Tiempo de Carga", o sea, el tiempo máximo de producción de esta máquina.

Si se descontaran, de este tiempo, las pérdidas debido a **parada por ruptura** y **cambio de línea/ajuste de herramientas,** (estas dos conocidas como **"pérdidas por parada"),** resulta el "Tiempo de Operación, o sea, el tiempo en que la máquina está capacitada para producir.

Las **paradas por ruptura,** constituyen el mayor porcentaje de pérdidas del rendimiento operacional de los equipos. Son difíciles de eliminar y se presentan según dos causas: pérdida debido a la propia ruptura y pérdida debido a la degeneración gradual del desempeño, introduciendo defectos en el producto. Su eliminación puede ser realizada a través del análisis de fallas.

Los **cambios de línea y/o ajustes de herramientas,** son pérdidas inevitables que ocurren, cuando se efectúa un cambio en la línea, con interrupción del proceso. Esta pérdida, consiste en el hecho de que, en general, se gasta mucho tiempo para efectuar los cambios en la máquina y principalmente en los ajustes. Son de dos causas: interna - máquina parada y externa - máquina en funcionamiento.

Si, del "Tiempo de Operación", se descuentan las pérdidas debido a **operación en vacío/pequeñas paradas** y a la **reducción de velocidad** (estas dos conocidas como **"pérdidas por ritmo inadecuado"**), resulta el "Tiempo Efectivo de Operación", o sea, el tiempo en que la máquina está produciendo según sus características óptimas.

La **operación en vacío y las pequeñas paradas,** son interrupciones momentáneas, provocadas por un problema cualquiera, como por ejemplo: la desconexión de un motor por sobrecarga. Estos tipos de pérdida, generalmente son situaciones donde es suficiente una rápida intervención del operador, para la continuación del trabajo.

La **reducción de velocidad** es debida a que algunos fenómenos que obligan a trabajar a un ritmo menor, ocasionando pérdidas, resultantes de la reducción de velocidad de operación. Ejemplo: una deficiencia del sistema de refrigeración, que obliga a reducir la velocidad de operación en días cálidos. Normalmente se desconoce la magnitud de la velocidad óptima de la máquina. Por otro lado si es aumentada se revelarán defectos latentes.

Concluyendo, si del tiempo efectivo de operación se restan las pérdidas debido a **Productos defectuosos/retrabajo** e **inicio de producción/rendimiento,** (estas dos conocidas como **"pérdidas por rechazo"**), resulta al final el "Tiempo de Operación con Valor Agregado".

En la **producción defectuosa y retrabajo,** se encuentran las pérdidas de calidad y repetición de trabajos, causadas por el mal funcionamiento del equipo, la falta de capacitación del personal de operación y/o la falta de mantenimiento. Son ocurrencias esporádicas, generalmente de fácil identificación y corrección. Por otro lado, ocurrencias crónicas, que son de difícil identificación. La reducción de las ocurrencias crónicas, requiere investigación y acciones innovadoras.

En el **inicio de producción** se encuentran las pérdidas de rendimiento, que se presentan desde la partida hasta la estabilización de las condiciones operacionales. Son pérdidas significativas, que normalmente suman grandes tiempos y muchas veces pasan desapercibidas a los operadores, mantenedores y supervisores. Ejemplos: Inestabilidad de la propia operación, instabilidad de la temperatura y/o presión y/o velocidad etc.; falta de mantenimiento; falta de materia prima; habilidad del operador etc.

La Efectividad Operacional Global es calculada, a través del producto de la Tasa de Disponibilidad Operacional (DP) por la Tasa de Desempeño Operacional (Rendimiento Operacional, RO) y por el Indice de Calidad (Tasa de productos aprobados, IC), o sea:

$$EG = DP \times RO \times IC \times 100$$

A su vez, la tasa de disponibilidad operacional mediante la siguiente relación:

$$DP = \frac{\text{tiempo de carga - tiempo de parada}}{\text{tiempo de carga}}$$

La tasa de Desempeño Operacional (Rendimiento), es obtenida por el producto de la Tasa Operacional Nominal (producto de la cantidad producida por el tiempo del ciclo real, dividido por la diferencia entre el tiempo de carga y el tiempo de paradas) y la Tasa de Velocidad Operativa (relación entre el tiempo de ciclo real y el tiempo de ciclo ideal), o sea:

RO = Tasa de operación neta x Tasa de velocidad operativa

$$TON = \frac{\text{Capacidad producida x Tiempo de ciclo real}}{\text{Tiempo de carga - Tiempo de parada}} \qquad TVO = \frac{\text{Tiempo de ciclo real}}{\text{Tiempo de ciclo ideal}}$$

El Indice de Calidad es obtenido por la relación entre la calidad de los productos aceptables [Cantidad de insumos - (pérdida de partida + pérdida por defectos del proceso + pérdidas de productos ensayo)] y la cantidad total de insumos, o sea:

$$IC = \frac{\text{Cantidad de productos aceptables}}{\text{Cantidad total de insumos}}$$

Los resultados normalmente encontrados, cuando se hace este análisis, están entre los 30 y 50% y muestran, en cuanto se podría incrementar la productividad en el aspecto de rendimiento.

Sin embargo, en forma especial, se debe considerar que la mayoría de las actividades desarrolladas por los operadores, pueden ser de mucho desgaste, por lo que un aumento del ritmo de productividad, puede generar acciones inseguras por el cansancio y un consecuente accidente.

Ejemplo

Datos:

Jornada de trabajo por día = 8 h x 60 min. = 480 min.

Tiempo muerto planificado o necesario (reuniones, descanso por precaución, interrupción del programa de producción) = 25 min.

Paradas para:

Preparación = 19 min.
Ajustes = 41 min.
Mantenimiento = 26 min.

Producción diaria = 2000 ítems

Tiempo de ciclo ideal = 7,2 seg. = 7,2/60 = 0,12 min.

Tiempo de ciclo real = 10,8 seg. = 10,8/60 = 0,18 min.

Cantidad de productos aceptables = 1960 ítems

Cálculos:

Tiempo de carga = Jornada de trabajo - Tiempo muerto planificado

= 480 - 25 = 455 min.

Tiempo operativo = Tiempo de Carga - Paradas

= 455 - 86 = 369 min.

DP (Disponibilidad) = (Tiempo operativo / Tiempo de carga) x 100

= (369/455) x 100 = 81,10%

Tasa de operación nominal = (Cantidad producida x Tiempo de ciclo real) / Tiempo operativo

= (2000 x 0,18) / 369 = 97,56

Tasa de velocidad operativa = Tiempo de ciclo real / Tiempo de ciclo ideal

= 0,12 /0,18 = 0,6667 = 66,67%

RO (Rendimiento) = Tasa de operación nominal x Tasa de velocidad operativa

= 97,56 x 66,67% = 65,04%

TC (CALIDAD) = (Cantidad de productos aceptables / Cantidad producida) x 100

= (1960/2000) x 100 = 98%

Eficiencia operacional Global = DP X RO X TC

= 0,811 X 0,6504 X 0,98 = 0,5302 = 51,69%

6.2. Pérdidas Crónicas x Pérdidas Esporádicas

Puede definirse como Pérdidas Crónicas, a aquellas que ocurren de forma permanente, normalmente de pequeña intensidad y que en algunos casos, no llegan a ser percibidas, excepto cuando se hace comparación con procesos productivos similares (benchmark).

Son pérdidas provocadas por deficiencias en el: proyecto del equipo, montaje de sus componentes, instalación, ubicación, alimentación de materia prima, mantenimiento, operación o de deficiencias de otros elementos (tensión de alimentación, temperatura, presión etc.).

Normalmente para eliminar ese tipo de pérdida, es necesario romper los paradigmas de operación y mantenimiento.

Las Pérdidas Esporádicas, son aquellas que ocurren eventualmente, normalmente de gran envergadura (en tiempo y efecto), fáciles de medir y analizar, creando condiciones diferentes de la normal y de causas conocidas.

Estos dos tipos de pérdidas, se pueden representar en el proceso evolutivo como se indica en la Figura 60.

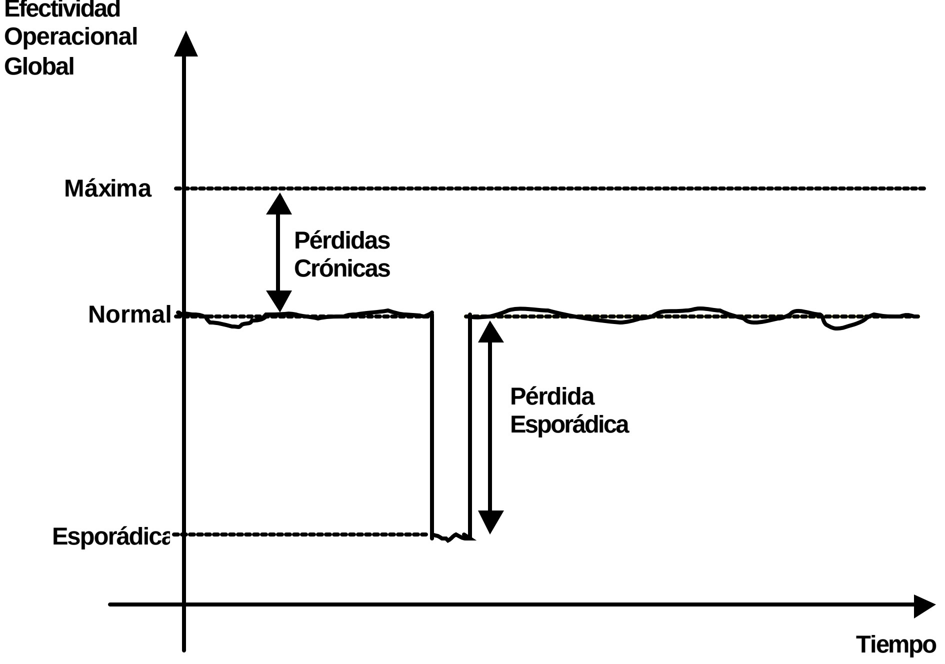


Figura 60 - Pérdidas crónicas x pérdidas esporádicas

Las pérdidas crónicas, pueden presentarse bajo forma conocida o bajo forma desconocida:

Las de causa desconocida, son provenientes de la falta de investigación (por operación e ingeniería); o por la suma de pequeños valores (variación de velocidad, preparación, ajustes, partida etc.).

Las de causa conocida, son resultantes de uno de los siguientes hechos: la acción correctiva ineficaz, la acción superficial y sin seguimiento, el tratamiento del efecto sin análisis y eliminación de la causa, la evaluación inadecuada de la magnitud y costo del problema o, finalmente, por la falta de una evaluación del costo x beneficio en corregir el problema.

Las pérdidas crónicas y esporádicas, influyen en la reducción de la confiabilidad operacional del equipo, definida como: "probabilidad de que un ítem realice satisfactoriamente las funciones requeridas, con las condiciones específicas y dentro de un período de tiempo", y como ya fue indicado líneas arriba, pueden ser originadas bajo la forma intrínseca, o sea, durante el proyecto, fabricación o instalación, o bajo la forma operacional, cuando son debidas a deficiencias en su operación o mantenimiento.

6.3. Las "5S" (Housekeeping)

Con el desarrollo del TPM se comprobó de forma fundamental que, además de la necesidad que cada uno de los componentes de la empresa, buscase la limpieza y la organización, para la mejora de sus actividades y del ambiente laboral de un modo general; los atributos de orden, aseo y disciplina, también influían en la mejora de la productividad, complementando, de esta manera, el grupo de las "5S", 5

palabras que en japonés, empiezan con la letra S y tienen los siguientes significados: [41]

Seiri - Organización (utilización, selección)

Separar cosas necesarias de aquellas innecesarias, dando un destino para aquellas que dejaron de ser útiles para aquel ambiente.

Seiton - Orden (sistematización, arreglo)

Guardar las cosas necesarias de acuerdo con la facilidad de uso, considerando la frecuencia de utilización, el tipo y el peso del objeto, de acuerdo con una secuencia lógica ya practicada, o de fácil asimilación. Cuando se trata de ordenar las cosas, necesariamente el ambiente queda más arreglado, más agradable para el trabajo y por consecuencia, más productivo.

Seiso - Limpieza (inspección, celo)

Eliminar la suciedad, inspeccionando para descubrir y atacar las fuentes de problemas. La limpieza debe ser encarada, como una oportunidad de inspección y de reconocimiento del ambiente. Para esto, es de fundamental importancia, que la limpieza sea hecha por el propio usuario del ambiente, o por el operador de la máquina o equipo.

Seiketsu - Aseo (estandarización, salud, perfeccionamiento)

Conservar la higiene, teniendo el cuidado para que las etapas de organización, orden y limpieza, ya alcanzados, no retrocedan. Esto es ejecutado a través de la estandarización de hábitos, normas y procedimientos.

Shitsuke - Disciplina (control de sí mismo, educación)

Cumplir rigurosamente las normas y todo lo que sea establecido por el grupo. La disciplina es una señal de respeto al prójimo.

6.4. Las Ocho Pilares del TPM

El TPM se basa en ocho pilares [40]:

1 - Mantenimiento Preventivo

En este pilar se busca establecer

- Tipos de mantenimiento (estandarización de las actividades de mantenimiento), o sea, establecer un lenguaje común de comunicación para todos en la empresa.

  En este punto, recomendamos utilizar los conceptos presentados en el capítulo 2 (Conceptos Básicos) que coinciden con los términos panamericanos de ingeniería de mantenimiento, que puede ser encontrados en la página "web" “www.mantener.com”, así como adoptar los conceptos de las instituciones de normalización propias de cada país.

- Planificación del mantenimiento, o sea, establecer procedimientos adecuados para todas las intervenciones preventivas;

  Como fue indicado en el capítulo 3, los archivos de Instrucciones de Mantenimiento,, compuestos por un conjunto de tareas, buscan orientar a los ejecutores del mantenimiento, para evitar que alguna tarea no sea ejecutada por desconocimiento u olvido, además de establecer los respectivos tiempos estándares, o sea, el valor en hombres-hora necesarios para la realización de estas tareas.

- Establecimiento de criterios de planificación del mantenimiento(40).

  Estos criterios de planificación, forman el Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo que correlaciona a los equipos con sus respectivas tablas, periodicidad, cronograma de ejecución de actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, registro de mediciones, centros de costo, recursos humanos, máquinas, herramientas, repuestos y cualquier otro dato juzgado por el usuario como necesario para la correlación - ver capítulo 3.

- Creación y utilización de los registros de mantenimiento, o sea, recolectar y almacenar el historial de las intervenciones (actividades, ocurrencias, tiempos y recursos) de forma adecuada(40);

  Es recomendable la utilización de diversos mecanismos de recolección de datos (Ordenes de Trabajo, Tarjeta de Tiempo, Datos de Operación, Disponibilidad de Mano de Obra y Registro de Medición), ver capítulo 3.

- Control de repuestos, o sea, establecer de forma concreta, los repuestos específicos y no específicos asociados a cada equipo, así como su consumo y necesidad de almacenamiento (mínimo y máximo) y el punto de reabastecimiento(40);

  Como se indicó, debe ser previsto, en la composición de los datos de registro, la posibilidad de identificación de las "familias" de los equipos (identificados por las mismas características de construcción), que permitirá establecer la correspondencia entre los sistemas de gestión de mantenimiento y de material.

  Además se debe utilizar mecanismos de recolección de datos de repuestos y material de uso común, como, por ejemplo: las tarjetas de material propuesta en el capítulo 3.

- Control del presupuesto de mantenimiento y de reducción de costos, o sea, establecer los informes adecuados para el control de gastos y recursos aplicados en actividades programadas y no programadas (40);

  El control del presupuesto de mantenimiento, puede tener características distintas de acuerdo con el nivel del gerente que lo analizará. Es conveniente que por lo menos tres niveles de informe sean utilizados: para el nivel estratégico (directores) con informaciones sobre todas las unidades de proceso o servicio de la empresa; para el nivel ejecutivo (jefes de planta) con informaciones sobre los sistemas operacionales bajo su responsabilidad y para el nivel operacional (supervisores, encargados y mantenedores) con

informaciones detalladas de los equipos que tienen la responsabilidad de mantener.

Como se indicó en el capítulo 1, básicamente el presupuesto de mantenimiento considera tres categorías de gastos: personal, material y contratos. Frecuentemente estos gastos son evaluados, basándose en los costos directos y, eventualmente, indirectos, sin considerar los costos administrativos o de prorrata, o sea, los costos indirectos implicados normalmente en otras áreas (administración de personal, mantenimiento del depósito, gastos de energía, agua etc.)[42].

- Control de la lubricación, o sea, establecer un programa adecuado de cambio, complemento y/o análisis de lubricantes[40];

  Este control es similar al de mantenimiento preventivo sistemático, o sea, basado en una programación maestra y la realimentación de datos, que para efectos del acervo histórico, puede ser hecha utilizando la "Orden de Trabajo de Ruta".

- Mantenimiento predictivo y técnicas de diagnóstico de máquinas, o sea, definir métodos y técnicas de seguimiento de sus variables, para obtener la máxima duración del ciclo de vida de los equipos fundamentales en el proceso[40] – ver Capítulo 4.

2 - Mejoras individuales en los equipos [40]

En este pilar se trata de establecer:

- Las condiciones óptimas operativas de los equipos;
- Mejora de la eficacia, a través de la reducción de las 6 grandes pérdidas;
- Eliminar las causas de las pérdidas ocultas a través del análisis profundo del problema por personal especializado;
- Evitar los análisis superficiales de los problemas, a través de la eliminación del "yo creo que...".

Estos objetivos son alcanzados de acuerdo con la siguiente orientación:

- Selección del sistema operacional o equipo y acompañamiento de su operación;
- Establecimiento de metas;
- Esclarecimiento de los puntos problemáticos en el proceso y/o equipo;
- Definición de la mejora a través de estudios, evaluaciones y elaboración de procedimientos.
- Implantación de mejoras;
- Verificación de los resultados;
- Estandarización de los procedimientos;

- Extensión a otros equipos.

3 - Proyectos MP/LCC (Mantenimiento Preventivo - Maintenance Prevention / Costo del Ciclo de Vida - Life Cycle Cost)

En esta pilastra se trata de establecer:

- Evaluación de la conveniencia de adquirir máquinas más caras, pero de mejor confiabilidad, mantenibilidad, operacionalidad y economía;

- En el proyecto MP ("Maintenance Prevention") se hace un análisis del historial del equipo para determinar mejoras, que tengan por objetivo la eliminación de problemas futuros, y consecuentemente, reducción del Costo del Ciclo de Vida - LCC.

  El costo del ciclo de vida, es obtenido por la suma de los costos de adquisición y de funcionamiento (o de sustentación). El costo de adquisición abarca los costos de: diseño, fabricación, transporte e instalación y, normalmente, representa el 25% del costo del ciclo de vida. El costo de funcionamiento, es el resultado de la suma de los costos de operación y mantenimiento (directos e indirectos, donde se incluye pérdidas de producción por todos los motivos - mala calidad, paradas para mantenimiento etc.), siendo normalmente el costo de operación constante y el costo mantenimiento bajo en los primeros años de funcionamiento, aumentando en forma progresiva a partir de los tres años, como se indica en la Figura 61:

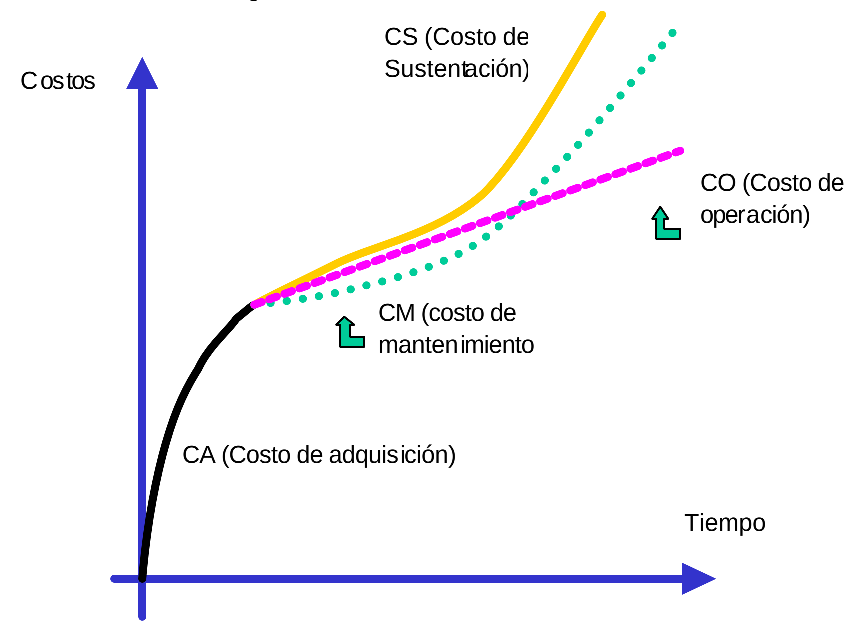


FIGURA 61 - Curva del costo de ciclo de vida

Las etapas para análisis de la MP ("Maintenance Prevention") son:

Evaluar el fenómeno	Evaluar el fenómeno de forma amplia
Conocer la estructura del mecanismo	Investigar, a fondo, el mecanismo del

del equipo/instalación	equipo/instalación, en función de sus componentes etc.
Análisis físico del fenómeno	Analizar físicamente
Investigar las condiciones que originan el problema	Clasificar todos los casos en que siempre ocurra el fenómeno, cuando estas condiciones existan
Exámenes de las ínter-relaciones equipo / instalación / herramientas / material / método / hombre	Estudiar la relación entre las condiciones (del equipo/instalación, herramientas, material y método de trabajo) y el fenómeno, poniendo en lista todas las causas con las cuales pueda existir una relación de causa y efecto con el fenómeno estudiado
Examen del método de verificación:	Examinar un método de verificación de como, en la realidad, están los equipos y las instalaciones
Anotar las irregularidades:	Basado en los resultados obtenidos en la investigación, listar inconveniencias como: cosas que están fuera de lugar, fallas mínimas etc.
Ejecución de la mejora:	En relación con cada inconveniencia, establecer ideas de mejora basadas en ellas y ejecutarlas

4 - Educación y capacitación.

En este pilar se busca planificar la capacitación de los operadores, mantenedores e ingenieros de producción (operación y mantenimiento) de forma que se puedan alcanzar las siguientes características:

- Operadores: Profesionales capaces de realizar actividades de mantenimiento, de forma espontánea (limpieza, lubricación, inspección, pequeños ajustes y medición);
- Mantenedores: Profesionales capaces de realizar actividades múltiples (originalmente mecatrónico = mecánico + electricista + electrónico), hoy ampliado al desarrollo de actividades de análisis de ocurrencias (aplicación de las siete herramientas de la calidad total);
- Ingenieros de producción: Profesionales capaces de evaluar, revisar y proyectar equipos con reducida necesidad de intervención y alta mantenibilidad.

5 - Mantenimiento de la calidad.

Se busca establecer.

- Evaluación de la interferencia y de la condición operativa del equipo, en la calidad del producto o servicio ofrecido por la empresa;
- Definición de parámetros, que puedan ser indicadores de esa interferencia (acción conjunta: operación, mantenimiento, ingeniería, calidad y marketing);
- Seguimiento, a través de gráficos, de los parámetros y establecimiento de metas basadas en la necesidad del proceso (cliente).

6 - Control administrativo

En este pilar se implementará:

- Las "5S" en las áreas administrativas;
- El "Just in time" para áreas de compras y materiales (incluso de las oficinas);
- El "Kanban" para la materia prima, repuestos, herramientas y material de uso de las oficinas;
- El cuadro de "Gestión Visual" en los depósitos;
- Las técnicas de optimización de reuniones.

7 - Medio ambiente, seguridad e higiene

En este pilar se establecerá:

- Tratamiento de políticas de prevención del accidente. Establecimiento de las recomendaciones de seguridad y adecuación del sistema para que sean implementadas en las OT;
- Aplicación del polígrafo de productividad, para evaluar la condición de prevención de accidentes;
- Evaluación del costo directo e indirecto de los accidentes;
- Establecimiento de acciones para obtener la meta Cero Accidentes;
- Implantación del Seiketsu de las "5S".

En lo concerniente a la aplicación del polígrafo de productividad, es recomendable, que no solamente sea empleado en el aspecto de seguridad, sino también en la evaluación de otros factores como, por ejemplo: evaluación del personal, evaluación de sectores, evaluación de métodos etc.

8 - Mantenimiento autónomo

Comprende el:

- Desarrollo de la conciencia " a mi máquina la cuido yo";
- Cambio de las características inadecuadas del local de trabajo;

- Implantación en siete fases:
  - Limpieza inicial (búsqueda de defectos);
  - Descubrir causas de la suciedad;
  - Mejorar áreas de difícil acceso;
  - Estandarizar actividades de mantenimiento autónomo;
  - Capacitación para efectuar inspecciones;
  - Inspección autónoma;
  - Organización del área de trabajo.

6.5. Etapas de Implantación del TPM

La media estimada de implantación de la fase preparatoria del TPM, es de 3 a 6 meses y de 2 a 3 años para el inicio de la etapa de consolidación, considerando que sea hecha según los 12 pasos siguientes[43]:

Etapa inicial

1ª Etapa - Compromiso de la alta gerencia

La alta administración tiene que estar comprometida y no solamente involucrada, y este compromiso debe ser divulgado.

Información sobre la introducción del TPM y del compromiso de la dirección superior, debe ser brindada a todos los funcionarios, indicando las intenciones y expectativas con relación al método.

Los informes emitidos por la dirección superior, informando sobre la decisión de implantación, deben ser comunicados durante reuniones, tanto del directorio como de las gerencias y divulgada por escrito a través de avisos.

Para grandes organizaciones, deben ser seleccionados sectores (equipos pilotos) para el desarrollo del TPM.

Es recomendable que, para cumplir esta primera etapa, esta decisión sea formalmente divulgada a través de documentos que circulen en toda la empresa y sean de conocimiento de TODOS los empleados.

Además de eso, el directorio debe estar consciente y seguro de cumplir las siguientes directrices, para obtener el éxito de esta etapa de implantación:

- Verificar personalmente el nivel de comprensión de los colaboradores, a través de visitas a las áreas;
- Verificar y celar por la correcta divulgación de los conceptos del TPM;
- Incentivar los aspectos relativos a la planificación y ejecución;
- Cuidar para que sean desarrolladas siempre, posturas positivas;
- Brindar elogios por el esfuerzo del trabajo realizado;

- Verificar y comentar los resultados presentados evitando extrapolaciones y conclusiones apresuradas;
- Mostrarse interesado por los problemas y ofrecer ayuda a los grupos, si existiera interés.
- Usar las criticas moderadamente y, siempre, para incentivar el trabajo;
- Cuando se presenten preguntas, hablar abiertamente y francamente sobre los problemas, siempre con postura positiva, tratando de motivar el grupo en la búsqueda de soluciones.

2ª Etapa - Campaña de difusión del método

La meta del TPM, es la reestructuración de la cultura empresarial, a través del perfeccionamiento, tanto de los recursos humanos como de los equipos y de las instalaciones.

Así, deberá ser elaborado un programa de educación introductoria a todos los gerentes, supervisores y facilitadores en cursos y conferencias específicas, para que comprendan plenamente la metodología a través del establecimiento de un lenguaje común, orientado a sus propósitos. Los demás empleados, deberán ser capacitados a través de explicaciones de sus supervisores tras haber recibido capacitación.

El TPM no funciona cuando se trata de colocarlo inmediatamente después de la decisión superior. Su implantación demanda la adecuada capacitación y educación previa.

No solamente el personal de las áreas de proceso (o servicio) deberá ser capacitado, sino que todos, incluyendo las áreas de: desarrollo, compras, financiera, relaciones humanas, asuntos generales etc., para poder cooperar y participar de las actividades pertinentes. Además de eso, se recomienda una campaña con carteles y otros medios de divulgación.

3ª Etapa - Definición del Comité de Coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo.

En esta etapa, será establecido el Comité de Coordinación de Implantación (de preferencia jefes de departamentos) que, a su vez, nombrarán sus equipos de trabajo en cada área.

Una de las características del TPM, son las actividades desarrolladas por los grupos de trabajo que actúan mutuamente. Estos grupos son liderados, en las respectivas etapas, por elementos que s e destacan en las funciones de supervisión.

Como es normal, que el TPM demore entre 3 y 5 años para que funcione efectivamente, deben ser designados, para los comités permanentes, elementos que asuman en tiempo integral, las responsabilidades de promoción de sus actividades.

Como el éxito del TPM depende enormemente de la selección, tanto del jefe del comité, como de los encargados de la implantación, estos deben ser seleccionados en el ámbito de las personas más correctas para desarrollar esas funciones.

4ª Etapa - Política básica y metas

Promoción del TPM, como parte de una política y de una administración objetiva, esclareciendo su integración, a mediano y largo plazo, con las políticas de la empresa, así como la introducción de su meta en el objetivo comercial de la empresa.

Previsión del tiempo necesario para la obtención del concepto de "Excelencia Empresarial" y definición de la meta primaria y secundaria (cualitativa y cuantitativa) a ser obtenidas como: porcentajes de reducción de fallas, porcentajes de incremento de disponibilidad, porcentajes de aumento de productividad etc. Estas metas deberán ser establecidas, tomando como referencia los valores actuales de los ítems que serán mejorados.

Establecer criterios de comparación, entre las referencias actuales y cuando se alcance el concepto de "Excelencia Empresarial", para prever los progresos que serán obtenidos y la relación costo x beneficio consecuente de los mismos.

El concepto de "Excelencia Empresarial", no se constituye en la meta, pero si en el medio, para alcanzar el perfeccionamiento operacional deseado.

Además del índice de Rendimiento Operacional Global ya indicado, es conveniente se realice el cálculo y seguimiento de los índices "Clase Mundial".

5ª Etapa - Plan piloto

Establecimiento del plan piloto, para el acompañamiento desde la preparación para la introducción del TPM hasta su implantación definitiva. Para posibilitar, la verificación de los progresos obtenidos, y establecer parámetros actuales y comparar con el desarrollo, cambiando los esquemas si fuese necesario.

Como el TPM se destina, al perfeccionamiento de los recursos humanos y de los equipos e instalaciones, tanto sus objetivos iniciales como sus respectivos resultados, pueden llevar algún tiempo para ser alcanzados.

El manual de implantación del TPM, debe ser preparado antes del inicio de cada etapa, de manera que los trabajadores que participan de las actividades, puedan comprender las maneras de ejecutar las actividades concretas.

Se deben efectuar reuniones mensuales de los coordinadores, para la verificación tanto del progreso como de la adecuación del desarrollo.

Antes de las reuniones de los coordinadores deben ser realizadas, con los mismos objetivos, las de los grupos de trabajo en el ámbito sectorial.

Etapa de implantación

6ª Etapa - Inicio de la implantación

La implantación debe ocurrir después de la comunicación del desafío de reducir las seis grandes pérdidas.

Debe ser planificado un evento para conmemorar la ocasión, con la participación de todos los empleados y el pronunciamiento de los directores, con palabras de estímulo para el éxito del programa.

Es recomendable obtener, con anticipación, la cooperación del sindicato de los empleados.

Debe haberse concluido el proceso de educación introductoria al TPM, a todos los empleados antes del día del inicio de la implantación.

La dirección superior deberá participar en la reunión de partida, reafirmando su declaración sobre la introducción del TPM.

Debe ser programada una visita a todas las áreas con preguntas directas a los empleados, para verificar si comprendieron plenamente los objetivos a ser alcanzados a través del TPM.

7ª Etapa - "Kobetsu-Kaizen" para la obtención de la eficiencia en los equipos e instalaciones.

"Kobetsu-Kaizen" es el levantamiento detallado de las necesidades de mejora de un equipo, efectuado por un grupo multidiciplinario, formado por: ingenieros, gerentes de línea, mantenedores y operadores.

El grupo debe seleccionar, como plan piloto, una línea de equipos donde se presente un "cuello de botella", que genera pérdidas crónicas, en la cual pueda ser alcanzada la perfección a través de los esfuerzos continuos, dentro de un plazo de tres meses.

Todos los componentes del grupo, deben ser estimulados a presentar sugerencias para mejorar el equipo en estudio.

Elegir como temas para análisis, algunas pérdidas que necesiten soluciones urgentes, que puedan ser alcanzadas, a través de actividades dirigidas para la reducción de las 6 grandes pérdidas.

Pueden ser utilizadas tarjetas coloridas, para identificar las áreas y/o criterios en que serán ejecutadas las acciones, para la reducción de las pérdidas. Por ejemplo: acciones de operación - color amarillo; acciones de mantenimiento - color verde; acciones de ingeniería (cambios en el proyecto) - color rojo.

Etapa de implantación

8ª Etapa - Establecimiento del "Jishu-Hozen" (mantenimiento autónomo)

El método de desarrollo del "Jishu-Hozen", o sea, el control de sus propios equipos de forma permanente por cada operador, es desarrollado en siete pasos, uno cada vez, pasando al siguiente, solamente después de haber concluido el anterior, con el apoyo y evaluación de los gerentes.

El primer paso se relaciona con el concepto de "inspección de limpieza".

El segundo paso se compone de: medidas defensivas contra causas de suciedad y mejora del acceso a las áreas de difícil limpieza y lubricación.

El tercer paso (formulación de los estándares de trabajo), se destina a la preparación de los criterios que deben ser observados por los operadores.

El cuarto paso (inspección general), se destina a la capacitación sobre como conducir una inspección de los componentes de los equipos (por ejemplo: filtros, lubricadores, reguladores etc.), de manera que, los operadores sean habilitados para la ejecución de la inspección autónoma (5º paso).

Para la inspección general, se recomienda seguir la siguiente rutina:

(1) Listado de los ítems de inspección general;

(2) Preparación de materiales didácticos y elaboración del plan de capacitación y de inspección general;

(3) Capacitación de los lideres;

(4) Capacitación en la transmisión de conocimientos a los operadores;

(5) Ejecución de lo que aprendió, detectando las irregularidades (inspección general);

(6) Implantación del "control visual";

- ✓ Los puntos (1) y (2) son preparatorios para la inspección general, realizados por los ingenieros y encargados del mantenimiento;
- ✓ La capacitación de los lideres (3) es efectuado por los ingenieros, supervisores y técnicos de mantenimiento, con la utilización de textos sobre los aspectos básicos de los equipos, figuras, modelos reales en corte etc.; estudiando la estructura, la función, el ajuste adecuado, la utilización correcta del equipo, los puntos que necesitan atención desde el punto de vista estructural y los puntos importantes del control diario;
- ✓ Como su nombre lo indica, la "inspección visual" (punto 6), consiste en hacer comprender el contenido, que le permita, en un_"abrir y cerrar de ojos", de forma que se facilite la inspección y la detección de anormalidades.
- ✓ El quinto paso (inspección autónoma), tiene como objetivo que los operadores puedan, al ejecutar la inspección, detectar problemas y corregir pequeños daños en desarrollo.
- ✓ Algunas preguntas pueden ser hechas en este paso:

  ¿Cuál es el objeto a ser inspeccionado?

  ¿Cuál es su estado normal y cuál su perfil ideal?

  ¿Esto está siendo mantenido?

  ¿Tiene conocimiento de su función y de su estructura?

  ¿Tiene conocimiento de la metodología de inspección?

  ¿Tiene conocimiento de la metodología de mantenimiento y conservación?

- ✓ El sexto paso (estandarización) se destina al establecimiento y mantenimiento, de las condiciones de control de los elementos de campo.
- ✓ El séptimo paso (control totalmente autónomo), se destina a dar continuidad a las actividades "Jishu-Hozen", aprovechando, al máximo, los conocimientos adquiridos a través de los pasos (1) a (6).
- ✓ Los pasos básicos (1) a (4) están asociados al perfeccionamiento de los recursos humanos y mejora de los equipos, cuando son rígidamente cumplidos y pacientemente mantenidos.

9ª Etapa - Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción (operación + mantenimiento).

Implantación de la metodología en el equipo piloto, normalizando y transformando en rutina, todo aquello que fue suministrado en la etapa anterior.

Desarrollo de productos fáciles de fabricar y de equipos fáciles de operar y mantener.

Establecimiento de las condiciones para eliminar defectos de productos y facilitar los controles.

10ª Etapa - Establecimiento del sistema para la obtención de la eficiencia global en las áreas de administración.

Apoyo a la producción, incrementando la eficiencia tanto en el ámbito de las oficinas como de los equipos ("office automation").

Desarrollo y aplicación del JIT (just in time).

Análisis de criterios para reducir esperas (material, herramientas, traslados, dispositivos, transporte etc .).

11ª Etapa - Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y ambiente agradable de trabajo.

Análisis e implantación de las "Recomendaciones de Seguridad".

Implantación de estímulos a la notificación de condiciones inseguras en el trabajo y de perjuicio al medio ambiente.

Meta - alcanzar Cero accidente y Cero polución.

Etapa de consolidación

12ª Etapa - Aplicación plena del TPM (ampliación a los demás equipos) e incremento de los respectivos niveles.

Definición de nuevas metas y desafíos.

Consultoría para la implantación de ajustes.

Inscripción para el premio PM en el JIPM ("Japan Institute of Plant Maintenance")

6.6. Resultados Prácticos(44)

El estudio de causas primarias de problemas, que afectan la operatividad de las máquinas, lleva a la conclusión ,que la ausencia de la higiene es preponderante. En consecuencia, es fundamental la concientización de todos, en lo concerniente a la importancia de la limpieza y de la organización de todas las áreas, para la reducción de los problemas, a través de su detección en estado embrionario, además de crear un ambiente que impide su desarrollo.

Como recomendaciones para la aplicación del TPM se destacan:

- Elección de un área piloto;
- Concientización de los grupos de supervisores, encargados y operadores;
- Planificación estratégica para el complejo industrial;
- Proceso educativo para supervisores en todos los niveles de gestión;
- Capacitación de operadores en actividades básicas de mantenimiento (limpieza, lubricación, medición y pequeños ajustes);
- Monitoreo de los resultados.

6.7. Observaciones Finales

- ☑ El objetivo del TPM, es hacer con que las personas cambien sus ideas y/o comportamiento, implicando en una alteración de la cultura general de la empresa. Para conseguir esto, es indispensable que todos los empleados participen en todos los niveles y en especial, en los niveles superiores.
- ☑ El TPM es un tipo de administración participativa, que incluye a todos los trabajadores y enfatiza el respeto al ser humano.
- ☑ Es necesario que los canales de comunicación de abajo para arriba, estén abiertos, para recibir opiniones, sugerencias y propuestas.
- ☑ Las actividades del TPM, deben ser implantadas por pequeños grupos constituidos por los miembros de todos los departamentos, incluso los administrativos y de mantenimiento, y no solamente por el personal de operación.
- ☑ En primer lugar, son los gerentes y supervisores que deben liderar, las actividades destinadas a la obtención de la eficiencia operacional de los equipos.
- ☑ La implantación del "Jishu hazen" (mantenimiento autónomo realizado por el operador), requiere que los equipos, obras e instalaciones estén bajo control y en perfecto estado.
- ☑ El TPM es implantado "top-down" (de arriba para bajo).

- ☑ El TPM busca obtener resultados, no solamente a través de los operadores, sino de toda la organización.

CAPITULO 7

LA CALIDAD TOTAL Y EL MANTENIMIENTO

7.1. Conceptos de calidad total

La calidad total, tiene como objetivo fundamental, buscar la satisfacción de las necesidades de los clientes de la empresa, por medio del aprovechamiento máximo de la confiabilidad de los productos o servicios, cumplir con todos los requisitos propuestos, recompensa al usuario por su inversión (gasto) e inexistencia del deterioro de la relación comercial ocasionado por reclamos respecto a disconformidades en el producto.

Las metas de la calidad total son: la continua atención de las necesidades de los clientes al más bajo costo, dando libertad al potencial de todos los empleados[45]

Son considerados principios básicos de la calidad total:

Atender a los requisitos/necesidades de los clientes;

No presuma, pregunte a su cliente lo que el desea.

Comprender y practicar la concatenación proveedores/clientes;

Contribuya para el fortalecimiento de la relación de su empresa (o su actividad) con sus clientes. No sea el eslabón más débil de la relación proveedor/cliente.

Hacer las cosas bien y siempre que sea posible, desde la primera vez;

Trate de quedar lo más cerca posible de la satisfacción de su cliente.

Haga cosas que agreguen valor a sus tareas. No desperdicie tiempo ni material. Luche contra el trabajo rehecho.

Mantener un plan de capacitación y evaluación;

Pregúntese sobre: ¿el por qué de estar desarrollando una tarea?; ¿cuáles son los requisitos de su cliente? y ¿cómo va a alcanzar esos requisitos?. En caso, no sepa la respuesta, busque capacitación o auxilio adecuado.

Aplicar mecanismos correctos de medición para una buena evaluación;

Para poder mejorar su actividad es necesario conocer su valor. Solamente con parámetros obtenidos, por medio de mediciones adecuadas, se podrá saber si estamos mejorando nuestras actividades.

Tener por meta la mejora continua;

En la actual coyuntura de la economía mundial, no podemos darnos el lujo de quedarnos satisfechos con aquello que estamos haciendo bien. Tenemos que establecer nuevas metas y alcanzarlas con el máximo de eficiencia.

Mantener medios de comunicación interno y externo;

Comuníquese como nunca lo hizo antes: con sus clientes, con sus colegas, con sus supervisores, con sus subordinados, con su familia, con sus amigos. Use mecanismos apropiados de comunicación para cada caso.

Poseer líderes capacitados;

Capacite adecuadamente a los que estarán liderando las tareas que usted determina. Tenga paciencia. Sea un líder al transmitir una información o enseñar algo. Sea un líder al pedir o determinar que se haga alguna cosa para usted o para su empresa.

La obtención de la calidad total, es importante para el individuo, porque alcanza los siguientes objetivos:

Satisfacción del trabajo;
Respeto;
Gusto por las tareas;
Deseo por la realización de un buen trabajo;
Eliminación del "estrés";
Garantía de estabilidad en el empleo;
Orgullo de trabajar para la empresa.

EL SENTIDO DE LOS GANSOS (46)

En el otoño, cuando se ven bandadas de gansos volando rumbo al sur, formando una gran "V" en el cielo, se indaga lo que la ciencia ya descubrió sobre ¿por qué vuelan de esa forma?. Es sabido que cuando cada ave aletea, desplaza el aire para arriba, ayudando a sostener al ave que viene inmediatamente atrás. Al volar en forma de "V", la bandada se beneficia de, por lo menos, 71% o más de fuerza de sustentación de lo que un ave volando sola necesitaría.

Personas que tienen la misma dirección y sentido de comunidad, pueden alcanzar sus objetivos de forma más rápida y fácil, si actuaran auxiliándose uno al otro.

Siempre que un ganso sale de la bandada, siente de repente la resistencia y el esfuerzo necesario para continuar volando solo. De forma rápida, entra otra vez en la formación para aprovechar el desplazamiento del aire, provocado por el ave que vuela inmediatamente delante de él.

En cualquier actividad, se debe buscar seguir a los líderes para conseguir las metas comunes.

Cuando un ganso líder se cansa, cambia de posición dentro de la formación y otro ganso asume el liderazgo.

Vale la pena intercambiarnos en las tareas difíciles.

Los gansos de atrás graznan, alentando que se encuentran a la cabeza de la bandada para que mantengan la velocidad.

El estímulo es importante en la ejecución de cualquier tarea.

Finalmente, cuando un ganso se enferma, o es herido por un disparo y cae, dos gansos salen de la formación y lo acompañan para ayudarlo y protegerlo. Se quedan con él, hasta que consiga volar de nuevo, o hasta que se muera. Solamente entonces alzan vuelo solos o en otra formación para alcanzar a su bandada.

Si aplicásemos el sentido de solidaridad de los gansos tendríamos una sociedad más sólida.

"La productividad es incrementada por la mejora de la calidad. Este hecho es bien conocido por una selecta minoría" [47]

7.2. Criterios cuantitativos y cualitativos de desarrollo.[48]

Criterios o mediciones cuantitativas de desarrollo, son los que pueden ser medidos de manera objetiva, independiente y estadística. Los criterios cuantitativos son fijos y, por lo tanto, deben ser satisfechos si debe ser considerada la opción.

Criterios o mediciones cualitativos de desempeño, son los que solamente pueden ser medidos por la satisfacción del cliente. Los criterios cualitativos, son aquellos en los cuales el cliente se basa, para tomar la decisión final.

Así, la Gestión de Desarrollo, para obtener mejor calidad, implica el manejo de los recursos disponibles para alcanzar los estándares cuantitativos y cualitativos con éxito.

Los pasos claves de la Gestión de Desempeño para mejorar la calidad son:

1) Entender al cliente:

   ¿Quién es?
   ¿Qué desea?

2) Identificar sus criterios para medir el desempeño:

   Cuantitativos;
   Cualitativos.

3) Identificar las prioridades para mejorar la calidad.

4) Establecer objetivos individuales y de grupo:

   Específicos;
   Mensurables;
   Posibles de obtener;
   Orientados a los resultados;
   Con un tiempo limitado.

5) Planificar los pasos.

6) Llevar a cabo revisiones regulares:

   Comparando con los planes;
   Comparando con la visión de la empresa;

Comparando con los resultados conseguidos.

7) Desarrollar equipos eficaces:

Que funcionen como una unidad;
Que trabajen con los demás departamentos y con el cliente.

En el desarrollo de un objetivo efectivo, se pueden identificar tres elementos[26] :

Desempeño - ¿Qué actividad se debe llevar a cabo?

Condiciones - ¿Qué restricciones y límites de tiempo existen (por ejemplo: plazos y presupuesto)?

Estándares - ¿Con qué estándar se debe realizar la actividad, o sea, con qué criterios vamos a medir el éxito, de tal forma que se pueda decir que el objetivo fue cumplido o no?

Para que un objetivo sea considerado inteligente debe satisfacer cinco criterios:

Ser específico - claro en su finalidad;
Ser mensurable - posible de evaluar;
Ser posible de lograr - alcanzado en el plazo determinado;
Ser orientado a los resultados - con una expectativa viable de satisfacer;
Tener un tiempo determinado - un límite para alcanzar su conclusión.

Es importante fijar objetivos claros y comunicarlos de manera precisa.

Para lograr un objetivo, o implementarlo, es fundamental establecer un plan y, dentro de las diversas técnicas de planificación, hay una particularmente valiosa, como es presentada en la figura 62.

PASOS	PLAZOS						RESPONSABILIDAES	DURACION
	1	2	3	4	5	6		

Figura 62 - Plan de acción ilustrado.

En esta figura se tiene:

Columna 1 - Pasos ordenados cronológicamente con relación a las acciones;

Columna 2 - Plazos establecidos (en horas, días, semanas, etc.), para cada paso y marcados con una "X".

Columna 3 - Responsabilidades - individuos o grupos, responsables por cada paso, claramente indicados y tratados en el momento de la tarea.

Columna 4 - Tiempo de trabajo, calculado para cada acción, basado en la experiencia. Representado en su totalidad o en proporciones de días por operador. Esto proporciona el tiempo total invertido, para lograr la actividad y sirve para un análisis costo/beneficio.

Línea de informe de progreso: Las reuniones de progreso pueden planificarse en el proyecto. Se traza una línea a partir de la fecha hasta abajo en la hoja del plan. Todo lo que está a la izquierda de la línea fue completado y todo lo que está a la derecha está para ser hecho.

Los planes de acción para mejorar la calidad son utilizados como base para:

La planificación;
El control y
La comunicación.

Por su simplicidad es una excelente herramienta para obtener:

Cambios;
Mejoras en la calidad.

7.3. ¿Que es la Norma ISO Serie 9 000?

La I.S.O. (International Standardization for Organization) es una federación mundial de organismos de normalización, conformada por más de cien paises, con sede en Suiza que, en 1987 homogeneizó y reunió los requisitos dispersos en diversas normas sobre calidad en una única serie. Normalmente, los órganos normativos nacionales son los representantes oficiales del país en la I.S.O.

El certificado ISO 9 000 es una garantía adicional, que una organización da a sus clientes, demostrando, por medio de un organismo certificador acreditado, que la empresa tiene un sistema de gestión, con mecanismos y procedimientos para solucionar eventuales problemas referentes a la calidad [(49)].

Por lo tanto, obtener la certificación ISO 9 000 no significa, necesariamente, que los productos o servicios de la empresa "alcanzaron un estándar de calidad superior" o que no van a presentar fallas o defectos. La implantación de la ISO 9 000 es apenas el primer paso rumbo a la Calidad Total.

Los organismos certificadores, a su vez, deben considerar directrices y normas específicas que reglamentan la actividad de certificación. Generalmente, estos organismos son acreditados en sus paises de origen y por organismos oficiales de otros paises.

Las normas ISO buscan describir los elementos básicos, por medio de los cuales los sistemas de aseguramiento de la calidad pueden ser implementados. Son normas de referencia, no teniendo carácter obligatorio o legal, a no ser cuando así lo exige una determinada relación de compra y venta [(50)].

7.4 Objetivos de las normas ISO serie 9 000

La ISO 9 000 presenta la directriz para la selección y uso de las normas sobre la Gestión y Garantía de la Calidad;

Las ISO 9 001, 9 002 y 9 003 especifican los requisitos de sistemas de la calidad para su uso, en situaciones contractuales, donde la relación entre las dos partes exige la demostración de la capacidad del suministrador, para proporcionar el producto. Estas normas, tienen el objetivo de dar confianza al comprador, de que el sistema de calidad del suministrador presentará un producto o servicio, que cumpla con el nivel de calidad por el requerido (garantía de calidad externa).

La ISO 9 001, se destina a orientar exigencias contractuales, referentes a la calidad del proyecto, fabricación, montaje y asistencia técnica. La ISO 9 002 para fabricación y montaje y la ISO 9 003 cuando la verificación de la calidad, sea exigida apenas en pruebas e inspecciones finales.

La ISO 9004 presenta las directrices para la estructuración de un sistema de calidad, en una determinada empresa fabricante de bienes, no pudiendo ser usada para fines contractuales. Esta norma, presenta las actividades que buscan proveer confianza para la administración, respecto a que a calidad pretendida en la organización, está siendo obtenida (garantía de calidad interna).

Para la obtención de la certificación por las normas de la serie ISO 9 000, serán evaluados los siguientes requisitos básicos de un sistema de aseguramiento d e la calidad: Control de documentos; compras; proveedores, identificación y rastreabilidad ; inspección y test; control de las disconformidades; acciones correctivas, manoseo y almacenaje; registros de la calidad; auditorías; entrenamiento y técnicas estadísticas.

7.5 El PDCA y el control de procesos industriales [(51)].

El Dr. Edwards Deming fue bastante acertado al desarrollar el método de Gestión de la Calidad Total por medio de la aplicación del ciclo del PDCA en toda actividad.

¿Y cuál el propósito de tal metodología?

La respuesta es: hacer lo correcto desde la primera vez.

No siempre esto es posible o es alcanzado y se puede observar, que el resultado deseado, sólo viene después de la aplicación consecutiva y persistente del PDCA.

Sucede que el concepto de Correcto o Equivocado, es nuevamente la consecuencia de la evaluación de un resultado en relación con un estándar (o cuadro de referencia en el campo psicológico). O sea, se puede admitir que hacer lo correcto, es obtener un resultado sin desvíos con relación a la expectativa!

Pues bien, en este punto cabe hacer la analogía a la teoría básica del control de proceso a retroalimentación o "Feedback Control System", como ya fue visto anteriormente, un sistema o engranaje cerrado de control a la retroalimentación, consiste de cuatro etapas o aspectos fundamentales, los cuales serán:

1. Establecer una referencia o "set-point" (correspondiente a un resultado deseado) = "PLAN".

2. Ejecutar una acción de control proactivo (o proceder de acuerdo con un planeamiento, buscando alcanzar el resultado deseado) = "DO".

3. Medir el resultado alcanzado y compararlo con la referencia (evaluar el resultado real con relación a la expectativa o estándar) = "CHECK".

4. Determinar la acción correctiva necesaria, para la eliminación del desvío constatado, de manera que se lleve el resultado a un valor deseado (reajustar el proceso correctivamente) = "ACT".

La metodología propuesta por Deming para la gestión de la calidad, puede ser encarada como una oportuna transposición hacia el contexto gerencial, de la teoría básica del control de los procesos industriales, o sea, aplicar el PDCA es básicamente: controlar el proceso de obtención de un resultado deseado, sin que ocurran desvíos con relación a las expectativas. La gestión de la calidad por el método PDCA puede, entonces, ser considerado como un Sistema de Control a Retroalimentación del Proceso de la Calidad.

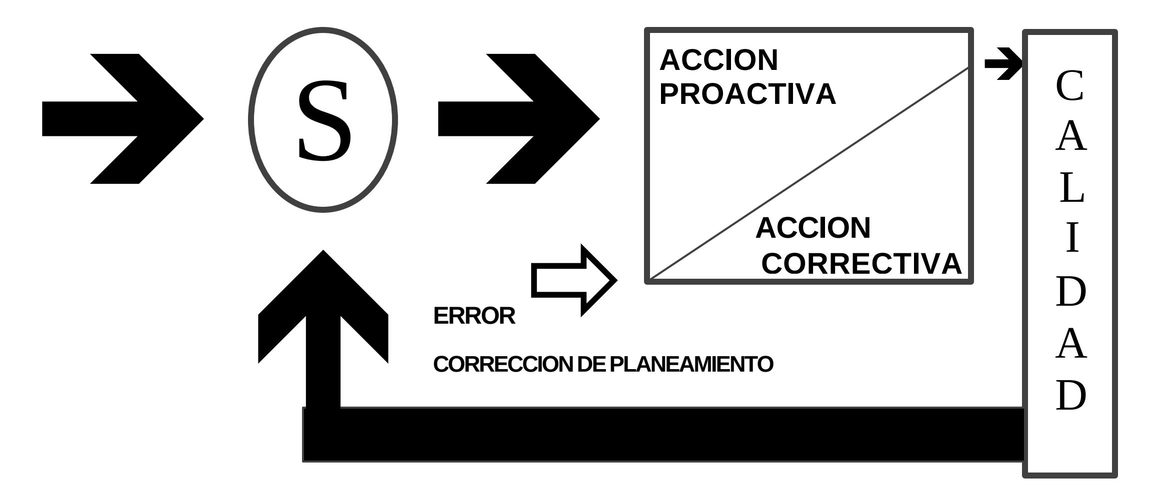


Figura 63 - Sistema de control a retroalimentación del proceso de calidad.

Sin embargo, esto no siempre es posible ya que, en la mayoría de las veces, se observa que el resultado alcanzado, después de la ejecución de un programa o plan, es diferente al esperado, siendo, por lo tanto, un resultado no deseado. Teniéndose ahí un desvío o un problema.

¿Pero qué significa problema? Algunas definiciones comunes son presentadas a continuación:

1) Cuestión matemática propuesta para que se le dé una solución;

2) Propuesta dudosa, que puede tener numerosas soluciones;
3) Cuestión no resuelta y que es objeto de discusión, en cualquier dominio del conocimiento;
4) Cualquier cuestión que cree una posibilidad para la indecisión o perplejidad, por ser difícil de explicar o de resolver;
5) Algo que incomoda;
6) Una cuestión a ser resuelta;
7) Una situación inconveniente;
8) Un efecto nocivo ... etc.

Nuevamente se presenta una palabra, que usada genéricamente puede expresar una serie de cosas.

En el campo técnico, un problema es definido como: "cualquier desvío de un estándar". Este concepto es fundamental y podrá ser observado en las varias definiciones de la palabra.

Fundamentalmente, problema es desvío. Un problema es, por lo tanto, un "gap" entre el estado actual de cuestiones, asuntos, efectos o resultados y las "metas" o modos de como las cosas deberían estar.

Para que se reconozca un problema, se deben hacer comparaciones a algún tipo de estándar (o meta establecida), para determinar si hay discrepancia y, si la hay, investigarla para conocer el tipo y el grado de variación. Es importante observar que a veces, alguna tolerancia en la variación del resultado es admisible y debe ser considerada.

Los estándares pueden ser genéricamente clasificados en dos grupos: estándares establecidos y estándares deseados. Los estándares establecidos, son metas realistas resultantes de la evaluación de la situación corriente. Los estándares deseados, son objetivos superiores y más idealistas (benchmark), que resultan de la insatisfacción con los estándares corrientes establecidos. La interacción entre ellos es mostrada en la Figura 64.

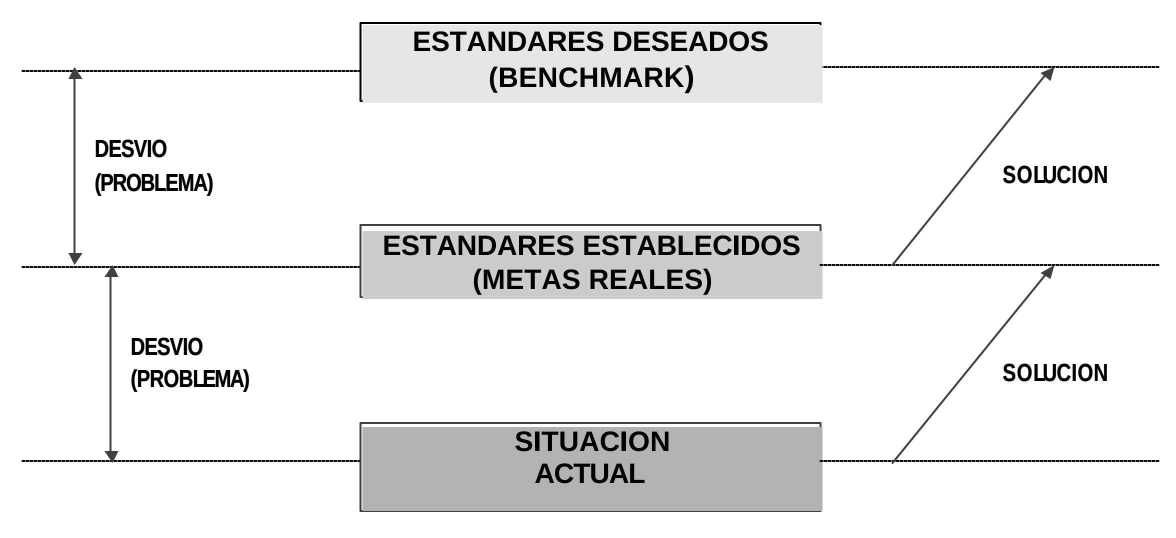


Figura 64 - Correlación entre los estándares deseados y estándares establecidos.

En el contexto del "desarrollo continuo", algunos autores afirman que "no tener problema es un problema!". Tal afirmación, sin embargo, apenas ilustra la importancia de que, al alcanzarse el estado de equilibrio entre los resultados y las metas establecidas, se actuará sobre los estándares elevándolos en el ámbito de estándares deseados, creando, así, situaciones de problema y evitando el estancamiento o acomodación (sostenimiento del "*status quo*").

De acuerdo con la definición del libro "Control de la Calidad Total"[(52)], problema es un "resultado no deseado". Tal definición se coadyuva perfectamente con las demás definiciones, si se considera que para definir si un resultado es o no deseado, se deberá medir y comparar con aquello que sería deseado.

Recurriendo nuevamente, a la analogía del control de procesos industriales y admitiendo que problema es un desvío estándar, se nota que el problema es el equívoco que ocurre en la etapa de verificación del resultado y comparación con lo deseado. Un problema es, por lo tanto, por definición: el resultado de una verificación.

Los modelos ISO 9 000 agrupan, las reglas de oro de una gestión eficaz y sin fallas, que es justamente lo que busca cualquier organización, en cualquier negocio, cuando se quiere tener, de forma consistente, una determinada cuota del mercado. Para implementar una de estas normas se puede aplicar el ciclo PDCA, o sea,[(53)]:

Establecer una política de calidad (plan) - conforme a la referencia en las ISO 9 001 / 9 002, puntos 4.1; 4.2 y 4.18.

Desarrollar e implementar (do) - conforme a la referencia en las ISO 9 001 / 9 002 - puntos 4.3 al 4.9 y 4.15.

Verificar y corregir (check) - conforme a la referencia en las ISO 9 001 / 9 002 - puntos 4.10 al 4.14.

Revisar la gestión (act) conforme a la referencia en las ISO 9 001 / 9 002 - puntos 4.1;4.14 y 4.17.

Además, estas normas son genéricas, lo que al contrario de lo que parece, ofrecen la ventaja de que sean absolutamente versátiles y aplicables, a cualquier actividad productiva o de servicios, independientemente del tipo del producto que fabrica o del tipo de servicio que esté prestando. De hecho, en ninguno de los modelos ISO 9 000 se cita el tipo de producto o de servicio al cual se aplican.

7.6 La importancia de gerencia de las normas ISO serie 9 000[(53)].

Si los gerentes de empresas y organizaciones comprendiesen que, al hablar de la ISO 9 000, se está hablando de modelos de metodologías de gestión eficaz, empezarían a comprender, justificar y solicitar la certificación, ya que este ejercicio consiste, en definitivo, en evaluar - y por especialistas - si los modelos de gestión están adecuadamente desarrollados e implementados, y si sus resultados son eficaces.

Es cierto que, con cierta regularidad, surgen publicaciones con manifestaciones cargadas de incredulidad y de crítica, respecto de los beneficios de la ISO 9 000 y de su certificación, todavía es cierto también, que a pesar de todo, el crecimiento es incomparable y se espera que, en el año 2 000, el número de certificados supere los 500 000, de acuerdo con los resultados de la investigación realizada por la Mobil Oil, que además de eso, ha cuestionado sobre las ventajas que la certificación trae para las empresas.

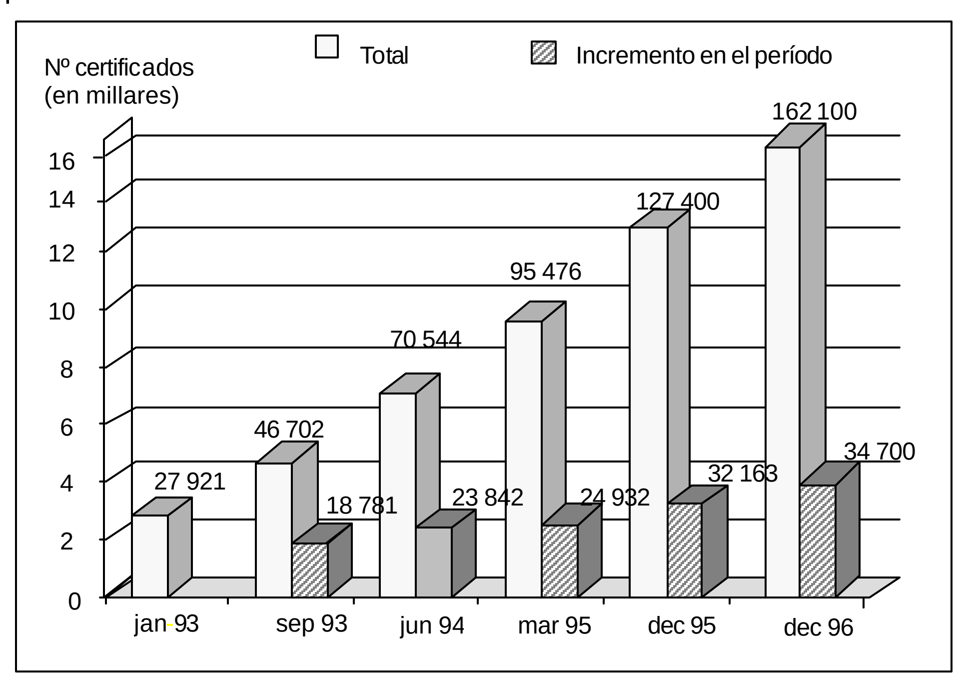


Figura 65 - Empresas certificadas

A pesar de que el 9% de las empresas consultadas, consideraron que no habían alcanzado sus expectativas, la gran mayoría, el 91%, consideró que o bien habían cumplido o que, incluso habían superado sus expectativas.

A la vista resalta que, prácticamente el 70% de ellas realzaron los beneficios comerciales:

Mayor aceptación de ofertas;

Mejor identificación de su capacidad y

Mejor adaptación a los mercados.

Más del 40% citó como beneficio, la reducción de las auditorías por parte de los clientes y, un factor muy significativo de la investigación, que llamó la atención, es que más del 65% consideró como factor de beneficio, que la certificación los obligaba a mantener el sistema de gestión de la calidad.

Efectivamente en las empresas, donde el desarrollo e implantación de estos modelos, que significó un gran esfuerzo y costo, descubrieron sus ventajas y beneficios.

Destacaron como un servicio inestimable, a aquel prestado por rigurosos organismos certificadores acreditados que, con sus auditorías periódicas no sólo los obligaron a mantener la disciplina exigida por las normas, sino que colaboraron en la búsqueda permanente de acciones, que corregían y mejoraban sus sistemas. La certificación ha dejado de ser un fin y se ha convertido en un medio de mejora.

7.7 Pasos fundamentales de la certificación [53].

Las dificultades de una empresa, para desarrollar un sistema de gestión de la calidad, están de forma íntima, relacionadas con las dificultades para vencer las resistencias al cambio de organización, sus rutinas establecidas y los comportamientos y hábitos de las personas.

Cinco criterios surgen, como claves fundamentales para obtener éxito:

Objetivos definidos - Todos tienen que tener metas claras, cuantitativas y no solamente en fechas, para que en todo momento, comprendan en que nivel de éxito se desarrollan. Ocupación de nuevas cuotas de mercado, reducción de costos, reducción de reclamos, satisfacción expresa del cliente, tiempo y fechas de ejecución para cada una de las etapas de desarrollo, son algunos de los objetivos que deberán estar claramente definidos.

Liderazgo - Si no existe en todos los medios, y si no existe el verdadero compromiso de dirección, no se puede conseguir el éxito. Los directores, además de sus funciones, deben asumir el papel de líderes; empujando, motivando y entusiasmando a toda la organización. La diferencia entre un jefe y un líder, es que el primero sigue adelante hasta alcanzar las metas, a pesar de los caídos, y el líder se vuelve para levantar al caído y llevarlo hasta la meta.

Formación - Uno de los grandes obstáculos a la innovación, es el miedo natural que tenemos a lo desconocido, y que solamente podemos vencer, mediante información y formación de acuerdo con los propios modelos ISO 9 000, donde se manifiesta una permanente exigencia, relativa a las necesidades de formación para cada actividad desarrollada. Sin embargo, para el éxito de estos sistemas, además de explicar, se debe conseguir la comprensión de todos sobre las dificultades, soluciones y de como aprovechar y obtener las ventajas de los modelos.

Compromiso - Estos sistemas presentan, sobretodo, una disciplina en los procesos y en los comportamientos. Todos ellos necesariamente encadenados. Cualquier elemento de la organización no comprometido con los procesos, es un eslabón roto en la cadena. El secreto(cuál es el secreto???), para conseguir que todos y cada uno se comprometan con el desarrollo de estos sistemas, y que todos y cada uno, participen en la concepción, planificación y desarrollo. Es un error dejar que un elemento externo de la compañía fije las reglas del juego, así como también es un error que una persona o departamento fije las reglas del juego de todos los demás.

Persistencia y rigor - Una de las causas principales de que estos sistemas puedan llegar a degradarse, e incluso, ser abortados, es el relajamiento de los compromisos. Es importante, que la disciplina original tenga que ser mantenida con rigor, no se puede permitir nunca que ocurran situaciones del tipo: "Bien, sólo por una vez"; "en

este caso..." etc., que acaban por llevar a la compañía, de vuelta a la condición original, con la consecuente pérdida de la certificación.

7.8. Secuencia de la Certificación [53]

Los pasos para obtener la certificación son:

1 - Solicitud de la compañía;

2 - Definir el ámbito de la certificación - Elemento crucial, ya que se trata de definir las áreas en las cuales se examinará la organización;

En primer lugar, debe quedar claro cual es el modelo de la norma ISO (9 001, 9 002 o 9 003), que será objeto de examen. Una empresa que no incluya el proyecto en sus actividades, no deberá considerar el modelo ISO 9 001, por ejemplo.

Por otro lado, no se certifican empresas solamente considerando las actividades en las cuales se desarrolló e implantó su sistema de calidad.

En las empresas que desarrollan actividades distintas, es recomendable que no se incluyan todas ellas en una misma certificación. Así, una empresa que produzca dos o más productos o preste dos o más tipos de servicios, debería buscar por separado, la certificación de cada actividad.

3 - Firma del acuerdo de nombramiento de los consultores y determinación de fechas;

4 - Examen de la documentación del sistema en la propia empresa;

5 - ¿La documentación es satisfactoria?

Consiste en verificar que el sistema está bien documentado, contempla todos los requisitos y es potencialmente eficaz.

6 - En caso negativo, la empresa toma las acciones correctivas y el certificador vuelve a examinar dicha documentación;

7 - Auditar las actividades;

Consiste en verificar en: las oficinas, plantas y talleres, si las actividades están siendo ejecutadas de acuerdo a lo establecido en la documentación y si los resultados son eficaces. Este examen y el anterior (ítem 4), están divididos en el tiempo de 4 a 6 semanas para la corrección de deficiencias, (si fuesen encontradas) y el tiempo total para los dos exámenes, oscila entre 3 días a 2 semanas.

8 - ¿Fueron emitidas notas de inconformidad?

Cuando el auditor encuentra alguna evidencia de falla en el sistema, sea en el ámbito de los documentos, o durante la revisión de las actividades, emite una nota de inconformidad, la cual califica como "grave" o "muy grave".

Una sola nota calificada como "muy grave" impedirá la certificación del sistema, sin embargo, algunas notas calificadas en la categoría "grave", podrán no impedirla. En el caso de desvíos "muy graves" o de muchos "graves", la empresa debe tomar acciones correctivas y solucionar las no conformidades, que es nuevamente comprobado por el auditor, antes de la certificación.

9 - Mantenimiento de la certificación.

El mantenimiento de la certificación, es realizado a través de auditorías periódicas semestrales de corta duración y, en períodos más largos, se hace una nueva evaluación del sistema de la calidad con auditorías de mayor duración.

7.10. El Mantenimiento con relación a las Normas ISO Serie 9 000

Hasta 1 994 las normas de la ISO serie 9 000, consideraban que el mantenimiento no se constituía como actividad objeto de las empresas, dado que éstas no sean exclusivamente dirigidas para este segmento del mercado.

A partir de la revisión hecha en 1 994, el mantenimiento pasó a ser reconocido por la ISO, como un requisito de control del proceso, habiendo sido literalmente citado conforme es indicado a continuación:

"identificar aquellas características de proyecto que son críticas para el funcionamiento apropiado y seguro del producto (por ejemplo: requisitos de operación, almacenamiento, manoseo, mantenimiento y disposición después del uso)"[54]

"El proveedor debe identificar y planificar, los procesos de producción, instalación y servicios asociados, que influyen directamente en la calidad y debe asegurar que esos procesos, sean ejecutados bajo condiciones controladas que deben incluir..."

g) mantenimiento adecuado de equipos para garantizar la continuidad de la cobertura del proceso... " [54] y [55].

"Cuando la obtención de niveles deseados de control del proceso depende de la operación, consistente y estable, del equipo del proceso y de materiales esenciales, el proveedor debe incluir, en la totalidad del sistema de calidad, el adecuado mantenimiento de esos equipos de proceso y materiales esenciales." [56]

Por lo tanto, para cumplir estas disposiciones, las empresas que deseasen obtener o mantener la certificación, deberán elaborar los manuales de procedimientos del sistema de mantenimiento, siguiendo las orientaciones hasta entonces enfocadas apenas para operación.

De esta manera, los procedimientos deberán indicar:

El "objetivo" - de la función mantenimiento dentro de la empresa como "actividad responsable por el aumento de la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos, obras e instalaciones (especialmente aquellas fundamentales a la actividad fin de la empresa), minimizando costos y garantizando el trabajo con seguridad y calidad".

Referencias - documentos internos o externos a la empresa, utilizados en la elaboración de los procedimientos del Sistema de Gestión del Mantenimiento;

Áreas involucradas - los sectores de la empresa en los cuales los procedimientos de mantenimiento serán aplicados;

Estándares adoptados - terminología - sugerimos aquellas indicadas por el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento (www.mantener.com), que podrán ser complementadas con alguna específica de la propia empresa;

Estructura organizacional del órgano de mantenimiento - organigrama de cada área con la indicación de los ocupantes de los cargos, responsabilidades de cada uno, procedimientos del Sistema de la Calidad, planificación de actividades, aprobación y alteración de documentos;

Control - criterios de control de actividades programadas y no programadas, las solicitudes, órdenes de trabajo y encerramiento de los servicios, criterios de control de equipos de inspección, medición y ensayos.

Historial - registros históricos de acciones correctivas y preventivas, mano de obra y material aplicados, costos implicados;

Tratamiento de datos - informes de gestión, (índices, gráficos y consultas). Las acciones para la corrección de distorsiones;

Estos criterios y procedimientos, deberán ser detallados involucrando los tipos de documentos, codificaciones, identificación, calificación, flujo de informaciones y métodos adoptados, pudiendo ser utilizados tanto para sistemas manuales como para sistemas automatizados.

En el aspecto de los registros, se explican, en las normas de la ISO serie 9 000, las orientaciones siguientes:

"Deben ser mantenidos registros para procesos, equipos y personal calificado, como apropiado" [55].

"... en un ambiente automatizado, la disposición cuidadosa puede ser igualmente obtenida por otros medios equivalentes, tales como una base de datos informatizada"[56].

CAPITULO 8

MANTENIMIENTO ESTRATEGICO (O CENTRADO EN EL RIESGO)

8.1. Principios Básicos del Control de Procesos Industriales[7]

Los procesos son normalmente afectados por un sin fin de razones, ocasionando que en la mayoría de las veces los resultados deseados no sean alcanzados, o sean alterados.

Las variaciones en si pueden, a su vez, presentarse de varias maneras, lo que requerirá consideraciones particulares a cada caso. Los procesos, por lo tanto, requieren usualmente ser controlados según distintos criterios, entre los cuales se pueden destacar:

- ✓ Eliminar o reducir el error humano;
- ✓ Reducir el trabajo y sus costos, que tienden a elevar el precio de los productos o servicios;
- ✓ Minimizar el consumo de energía;
- ✓ Reducir el tamaño de plantas;
- ✓ Reducir almacenamientos intermedios;
- ✓ Respetar los reglamentos ambientales;
- ✓ Alcanzar y/o mantener un resultado deseado.

Dos conceptos constituyen la base de la mayoría de las estrategias de control: retroalimentación (feedback) y anticipativo (feedforward).

La retroalimentación es la técnica más comúnmente usada, siendo el concepto sobre el cual la mayor parte de la teoría de control se encuentra basada. El control mediante la retroalimentación, es la estrategia desarrollada para alcanzar y mantener una condición en el proceso, comparar la condición medida con la condición deseada e iniciar la acción correctiva basada en la diferencia: entre la condición deseada y la condición actual. La estrategia de retroalimentación es muy similar a las acciones del operador humano tratando de controlar un proceso manualmente - Figura 66.

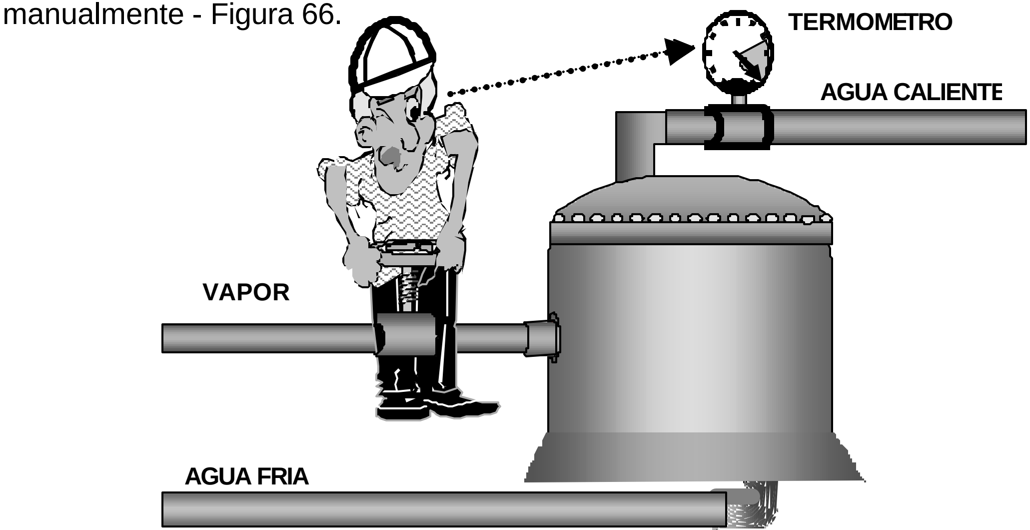


Figura 66 - Control manual del proceso

En el ejemplo mencionado, el operador leería el indicador de temperatura de la línea de agua caliente y la compararía con el valor de la temperatura deseada. Si la temperatura del agua fuese muy elevada, él reduciría el flujo de vapor, y si la temperatura fuese muy baja él la aumentaría. Usando esta estrategia, el operador manipularía el vapor hasta que el error fuese eliminado.

En un sistema de control automático la retroalimentación operaría de la misma manera - Figura 67.

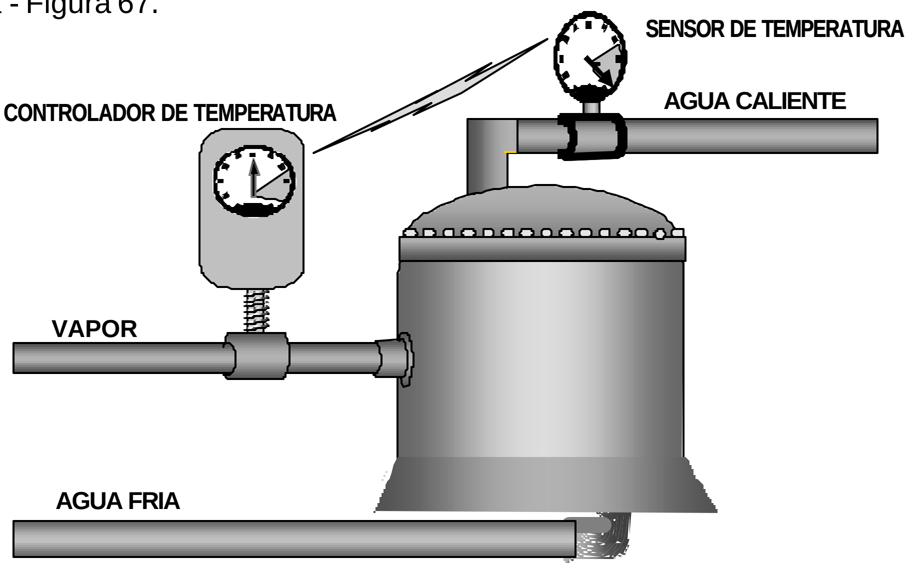


Figura 67 - Control automático del proceso

La temperatura del agua caliente sería medida y una señal sería dada para su retroalimentación a un dispositivo, que compararía la temperatura medida con la deseada. Si existiese un error, una señal sería emitida, para modificar la posición de la válvula de manera que el error fuese eliminado.

El control anticipativo, sería aquel que define el momento, a futuro, en que se dará un hecho o un conjunto de hechos y se toman las acciones para evitar o reducir su efecto. En mantenimiento, este hecho es conocido como “predictivo”.

8.2. La Competitividad Industrial

Ya no causan más sorpresas y ni se constituyen novedades, las frecuentes referencias a las necesidades de cambios de la competitividad industrial[7].

Un número cada vez mayor de empresas ya reconoce la importancia crucial que el mantenimiento y la confiabilidad desempeñan en sus organizaciones. En esas empresas, ejecutivos de la alta administración, están promoviendo la implantación de estrategias empresariales de mantenimiento y confiabilidad. Dichas estrategias tienen doble finalidad: en primer lugar, se destinan a educar a los ejecutivos, sobre como el mantenimiento y la confiabilidad afectan a su empresa financieramente. En segundo lugar, se concentran en desarrollar e implementar un proceso que promueva, de forma activa, mejoras en esas prácticas[5].

La mayor parte de las estrategias empresariales de mantenimiento tienen dos objetivos primordiales: disminuir los costos (de mano de obra, material y contratación) y mejorar la confiabilidad operacional de los equipos o de la gestión de los activos (tiempo operacional - "up-time", régimen de funcionamiento - "running speed" y desempeño de la calidad). Casi todas las empresas tienen grandes oportunidades de actuar en ambas áreas. Es común un gasto elevado en mantenimiento y los resultados de estas actividades son, muchas veces ineficaces, por mayores inversiones que se realicen(5).

Desde la posguerra las características de las actividades económicas sufrieron alteraciones, que impusieron distintos ritmos de desarrollo, hasta el periodo actual, en que decididamente, la competitividad industrial dejó de ser definida por las ganancias a gran escala y de la producción seriada, tipificada por el modelo "fordista" pasando a ser decidida en los campos de la calidad y de la productividad(7).

La economía de escala está dando lugar a la economía por objetivos. En este escenario, el mantenimiento surge como la única función operacional que influye y mejora los tres ejes determinantes de la performance industrial al mismo tiempo, es decir: costo, plazo y calidad de productos y servicios - Figura 68, definida según McKinsey & Company como la "Función Pivotante"(57).

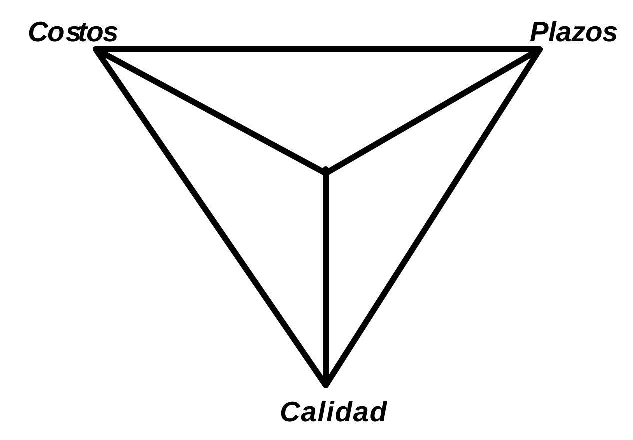


Figura 68 - Función Pivotante

8.3. Estrategias de Gestión de Proceso (58)

Dentro de las estrategias utilizadas para descubrir la solución de un problema, está el aislamiento de sus puntos críticos a través de su división sucesiva en partes.

La clave es limitar el problema mediante el estudio detallado de los fenómenos observados.

Este estudio empieza a través de una discusión del grupo involucrado ("brainstorm"), donde son separados los fenómenos concretos. Estos fenómenos son agrupados en aquellos que comparten algún denominador común.

Enseguida se vuelve a examinar a cada grupo como una nueva unidad, cuestionando cual es el asunto crítico, analizando cada unidad como fuente de problema a ser descubierto y se decide por el enfoque correcto para encontrar una solución.

Los pasos siguientes son: la formulación de soluciones tentativas, análisis y validación o exclusión de soluciones, proposición de la conclusión, consolidación de la conclusión, proyecto de acción con un plan detallado e implantación de este plan junto a los supervisores de línea.

Como alternativas para las etapas de formulación de soluciones se pueden utilizar el "árbol de decisiones", o los "cuadros sinópticos" de toma de decisiones, o la aplicación de los cinco "¿por qué?".

Además de eso se puede utilizar las técnicas de "análisis de valor" o de "ingeniería de valor" para esas determinaciones de alternativas de soluciones, pero, lo más común es utilizar la experiencia de los involucrados en el proceso.

8.4. La Mudanza de Enfoque del Mantenimiento

El éxito de una compañía es, en gran parte, debido a la buena cooperación entre clientes y proveedores, sean internos o externos. Los roces crean costos y consumen tiempo y energía. La gestión dinámica del mantenimiento implica administración de las interfaces con otras divisiones corporativas.

La coordinación entre los subsistemas de: planificación de la producción, de la estrategia del mantenimiento, de la adquisición de repuestos, de la programación de servicios y del flujo de informaciones, elimina el conflicto de metas.

Altas disponibilidades e índices de utilización, aumento de la confiabilidad, bajo costo de producción como resultado de mantenimiento optimizado, gestión de repuestos y alta calidad de productos, son metas que pueden ser alcanzadas solamente cuando operación y mantenimiento trabajan juntos.

La no modernización de las empresas genera costos indirectos relacionados con [59]:

- Pérdida continua de la competitividad, ya que los parámetros de medición están cambiando (lamentablemente este hecho no es fácil de cuantificar);
- A medida que pasa el tiempo, se vuelve más difícil enfrentar los cambios tecnológicos exigidos por la modernización;
- Se pierde el sentido de urgencia que requiere la gestión en un ambiente mutante y ultra competitivo.

Y las nuevas tecnologías están exigiendo [59]:

- Personal preparado;
- Nuevos procedimientos;
- Cambio de paradigmas;
- Aprendizaje continuo;
- Nuevos enfoques de supervisión;
- Liderazgo basado en el conocimiento;
- Conversión de trabajadores manuales en trabajadores con conocimiento

Para enfrentar la modernización se debe [59]:

- Crear una verdadera cultura innovadora en el interior de la empresa;
- Motivar el perfeccionamiento continuo;
- Utilizar el "benchmark" de manera inteligente;
- Crear visiones tecnológicas adecuadas a la realidad;
- Visitar y conocer otras realidades;
- Estimular el cambio;
- Crear el espirito crítico.

Los cambios ocurren de forma cada vez más rápida, y el no seguimiento a estos, puede llevar a una empresa a quedar rezagada con relación a sus competidores - Figura 69 [59]

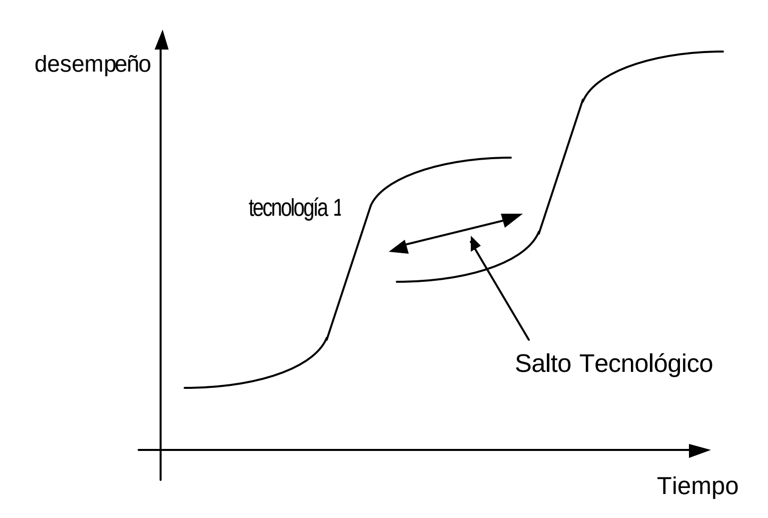


Figura 69 - Desarrollo tecnológico

Áreas de cambio exitosas tuvieron su evolución de mantenimiento no-planificado hacia el mantenimiento estratégico[7]

Los expertos en mantenimiento son repetidamente confrontados respecto a: ¿cual es el método de mantenimiento más eficaz?. La respuesta es la combinación correcta de todos los métodos disponibles, o sea, mantenimiento por ruptura, mantenimiento basado en el uso y mantenimiento basado en la condición - Figura 70[5]

En la evaluación del punto óptimo de mantenimiento, se constata que el costo total del mantenimiento es influido por el costo de mantenimiento regular (costo de reparación) y por el costo de la falla (pérdida de producción). De esta manera, la estrategia óptima de mantenimiento, es aquella que minimiza el efecto conjunto de los componentes del costo, o sea, identifica el punto, donde **el costo de reparación es aún menor que el costo de la pérdida de producción**.

El mantenimiento planificado alcanza reducciones de costos a través de: la eliminación de desperdicios, del establecimiento de estrategias por equipo y del aumento de la capacidad, disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

La previsibilidad y el impacto de las fallas sobre el negocio, apuntan hacia el tipo de estrategia a ser adoptada, según la importancia de las varias unidades de la planta.



Figura 70 - Mix de los métodos de mantenimiento

Son consideradas, en el árbol de decisiones para la selección del correcto "mix de los métodos", factores como: la utilización deseada, si el proceso de producción es continuo o intermitente, calidad del producto, requisitos de seguridad, proyecto / configuración de la unidad de la planta y efectividad de los costos, previsibilidad de falla, tiempos medios entre falla y tiempos medios para reparaciones etc.

La planificación de mantenimiento es compuesta por una serie de actividades, siendo las principales etapas del proceso: enfocar el esfuerzo, desarrollar los planes e implantarlos. El resultado de esta planificación, deberá ser una serie coherente de estrategias de mantenimiento, continuamente monitoreadas y ajustadas, con el objetivo de minimizar los costos totales.

Son características de un mantenimiento óptimo:

- ✓ Enfocar las habilidades del mantenimiento departamental, en la planificación y control del mantenimiento y no en la reparación de rupturas y mejoras de equipos;
- ✓ Realizar trabajo de mantenimiento de acuerdo con planes documentados y estandarizados, tareas programadas y solicitudes de trabajo;
- ✓ Realizar mantenimiento preventivo de acuerdo con el programa (no dejar los trabajos para después);
- ✓ Documentar y analizar el historial de mantenimiento y rupturas, buscando asegurar que los índices de falla sean optimizados y los costos totales minimizados, medir y mejorar la productividad del personal e identificar oportunidades de mejora.
- ✓ Desarrollar los sistemas inteligentes necesarios para promover las acciones indicadas por el mantenimiento basado en la condición y, de esta manera capturar el conocimiento actual y futuro.

8.5. Mantenimiento Estratégico Visto bajo el Foco de la Necesidad

Se ha de analizar la relación entre el acompañamiento de la disponibilidad "versus" la necesidad de utilización de equipos, presentada en la Figura 71, donde fueron obtenidos los respectivos índices de "disponibilidad" y "necesidad de utilización".

Mantenimiento Estratégico

Sector: Mecánico
Período: 01/01/96 a 1/12/96

COMPRESOR 1
100% X 32%

COMPRESOR 2
91% X 43%

COMPRESOR 32
77% X 72%

BOMBA DE PROCESO 1
64% X 82%

BOMBA DE PROCESO 2
78% X 82%

BOMBA SERVICIO 1
91% X 43%

BOMBA SERVICIO 2
91% X 43%

Figura 71 - Comparación de disponibilidad versus la necesidad

En la mayoría de los equipos, el índice de disponibilidad es superior al de la necesidad de utilización de cada uno. En el caso de que los elevados índices de disponibilidad estén siendo obtenidos a expensas de altas inversiones de recursos humanos y en caso la confiabilidad operativa del equipo no sea crítica, deben ser efectuadas nuevas re evaluaciones respecto a los criterios de mantenimiento utilizados.

Se observa que, en este caso, las Bombas de Proceso 1 y 2, presentaron disponibilidad menor que la necesitada, siendo éste el punto prioritario de análisis y acción de reajuste del Sistema de Planificación, que también deberá considerar su importancia operacional en el proceso, los costos de reparación y los tiempos medios entre fallas y reparación.

El análisis indicado para los equipos, también puede ser aplicado a componentes o piezas, siendo esta utilización correcta para evaluar que partes de un equipo, obra o instalación deben merecer mayor atención por parte de los responsables del mantenimiento y en que parte se puede aplicar simplemente el mantenimiento preventivo por condición (reparación de defecto) o correctivo.

Veamos un ejemplo:

¿Si una flota de camiones es utilizada solamente durante el día, cuál sería la necesidad de efectuar un mantenimiento planificado en el sistema de iluminación de los mismos (faros, luces de la cabina etc.)?

Obviamente que estas partes del equipo, podrían ser objeto de un simple mantenimiento correctivo siendo, inclusive, recomendable que el cambio de lámparas quemadas fuese efectuada por el propio operador del equipo.

La evaluación de los criterios de mantenimiento a ser aplicados, depende normalmente del análisis de disponibilidad frente a la necesidad de utilización del equipo, no obstante se deben observar otros aspectos, como: su importancia en la actividad objeto de la empresa, el costo de mantenimiento con relación al inmovilizado (costo acumulado de mantenimiento con relación al costo de adquisición del equipo), el tiempo medio entre fallas, el tiempo medio para reparación, la obsolescencia del equipo, las condiciones de operación a que son sometidos, los aspectos de seguridad y los aspectos de medio ambiente.

Considerando un conjunto de ítems (equipos, obras o instalaciones) fundamentales en una línea de proceso o servicio, donde sus mayores disponibilidades tienen relación homogénea con mayor productividad y consecuente producción de utilidades para la empresa, en la evaluación de los puntos críticos pueden ser encontradas las siguientes condiciones:

Ítems en serie - La disponibilidad final será obtenida por el producto de las disponibilidades de cada ítem.

$$D_S = D_1 \times D_2 \times D_3 \times \ldots \times D_n$$

Ítems en paralelo - La disponibilidad final, será obtenida por la suma de los productos de las disponibilidades de cada ítem por sus capacidades de producción, dividido por el producto de las capacidades de producción de esos ítems.

$$Dp = \frac{D_1 x p_1 + D_2 x p_2 + D_3 x p_3 + \ldots + D_n x p_n}{p_1 + p_2 + p_3 + \ldots + p_n}$$

Ítems redundantes - La disponibilidad final, será obtenida por la diferencia entre la unidad y los productos de la diferencia de la unidad con la disponibilidad de cada ítem.

$$D_S = 1 - (1-D_{R1}) \times (1-D_{R2}) \times (1-D_{R3}) \times \ldots \times (1-D_{Rn})$$

Obviamente, la disponibilidad final de un **sistema mixto** de ítems, será el resultado de la conversión a un sistema simple (serie) y posteriormente la búsqueda del elemento que esté contribuyendo para el peor valor - Figura 72

De esta forma, deberán ser analizadas las estructuras del Sistema Productivo, a través de sus sectores serie, paralelo, redundante y mixto, calculando en función de las disponibilidades individuales, su disponibilidad total.

La mejor productividad final del sistema, quedará limitada por su peor máquina, como en el ejemplo presentado: por la máquina 2 y aunque se obtenga el máximo

de productividad en el resto de los equipos el resultado continua comprometido por ella.

Esta determinación es de gran importancia, para permitir la adecuada prioridad y definición de estrategias, de manera que se evite el riesgo de obtener "10% más de eficiencia en el equipo equivocado".

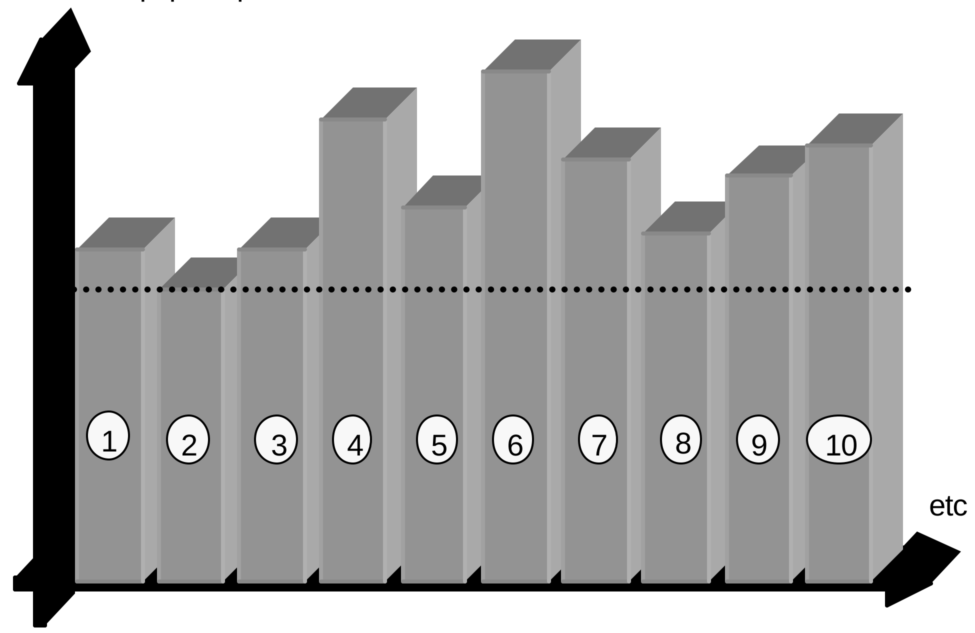


Figura 72 - Distribución de una línea de proceso equivalente

Con este análisis, dos caminos deben ser adoptados. Armonizar los resultados de todos los ítems, en relación al que presenta el peor desempeño (solución económica) y, a continuación, tratar de aumentar la disponibilidad de todos de forma uniforme para obtener mayor productividad del conjunto (solución estratégica).

Una vez que el mantenimiento estratégico (o "mantenimiento centrado en el riesgo" o "mantenimiento orientado al negocio") es una ruptura de paradigma, pues pasa a enfocar las acciones en el aspecto "Sistemático" y no más por equipo individual, el primer paso es determinar cual es el equipo que está creando las retenciones en el proceso, o sea, ¿cual es el que se convierte en "cuello de botella" del proceso o servicio?

Determinados los "cuellos de botella", deben ser examinados los reflejos en la disponibilidad final en las siguientes condiciones:

1) Aumento de disponibilidad en el ítem que se constituye en el mayor "cuello de botella" del Sistema y/o

2) Examen de la posibilidad de transferir, para otro sector productivo, la capacidad operacional reduciendo aquel donde se encuentra el "cuello de botella".

En conclusión, utilizando el árbol de decisiones, se deberán comparar los datos de disponibilidad y capacidad con valores de otros índices y variables como:

☑ tiempo medio entre falla (TMEF);

- ☑ tiempo medio para reparaciones (TMPR);
- ☑ costo relativo de reparación;
- ☑ antigüedad del equipo;
- ☑ responsable por el mantenimiento;
- ☑ condición insegura de operación;
- ☑ riesgo al medio ambiente;
- ☑ rentabilidad operacional etc...

... para definir el tipo de estrategia de intervención a ser adoptada.

Como alternativa para el establecimiento del tipo de intervención a ser adoptada, pueden ser utilizados símbolos o señales gráficas para indicar la condición favorable, indiferente o desfavorable de satisfacción a las necesidades operativas del ítem, como por ejemplo: "flecha para arriba", flecha para abajo" o "flecha para la derecha"; señales de "+", "-" o "±"; "cara alegre", "cara triste" o "cara indiferente" etc.

La combinación de estas características o símbolos, determinará la mejor estrategia de actuación en cada caso, pudiendo todavía, ser establecidos "valores" para cada una de las variables para indicar su mejor o peor importancia, en lo que se refiere a decisiones a ser tomadas, utilizando para tanto, la experiencia de cada uno de los involucrados en el proceso.

Esta versión del mantenimiento para el próximo siglo, es muy interesante en el aspecto de reducción de costos y, por ser un enfoque nuevo, podrá recibir muchas contribuciones, lo que la caracteriza como "una visión de futuro".

BIBLIOGRAFÍA

(1) Introduction to Maintenance Planning in Manufacturing Establishments
United Nations Industrial Development Organization
United Nations - New York - 1975

(2) Manutenção Preventiva na Volkswagen do Brasil S/A
Divisão de Manutenção da Fábrica I
São Bernardo do Campo - São Paulo - 1974

(3) Manuale della Manutenzione degli Impianti Industriali
Asturio Baldin, Luciano Furlenetto, Antonio Roversi e Francesco Turco
Franco Angeli Editore
Milano - Italy - 1975

(4) Excelência na Manutenção
Tavares, Lourival Augusto
Casa da Qualidade Editora Ltda - 2a Edição - 1977

(5) Maintenance as a Corpotate Strategy
Andrew P. Ginder
AIPE Facilities - January/February 1996

(6) Preventable Maintenance Costs More Than Suspected
Raymond J. Oliverson
Maintenance Techology - September 1997

(7) Manutenção por estratégia - Visão do futuro
Silvio Miranda
Revista de Ensino de Engenharia - ABENGE - Nº 12 - Jul/95

(8) Market Shares of the Leading Supplies
Automation Research Corporation - 1998

(9) Complete Handbook of Maintenance Managment
John E. Heintzelman
Executive Success Library - 1980

(10) A Manutenção como Fator Econômico
Bjorn Johannessen
Revista Manutenção
ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção
Nº 14 - maio/junho/88 pp 16 à 19

(11) Mantenimiento Clase Mundial
Fernando Harmsen - Graña & Montero
Trabalho apresentado na Mesa Redonda de Mantenimiento
XXIII Convenção da UPADI - Acapulco - México - 1994

(12) Como fazer a Manutenção Planejada Compensar
Trabalho divulgado pela Alumax (empresa metalúrgica - E.U.A.) - 1984

(13) Análise dos Critérios de Manutenção Preventiva de Usinas Geradoras
GCOI - Grupo Coordenador Para Operação Interligada - ELETROBRÁS
GTMU - Grupo de Trabalho de Manutenção de Usinas - 1976

(14) Programação de Manutenção Preventiva Através de Computador
Falkonbridge Nickel Mines Limited
O.A. MacCann
Artigo apresentado na Ontario Hidro's (Conf.Man.Mec) - 1974

(15) Prevenctive & Computerized Maintenance Company - P&CM
575 Lexington Ave. - New York - NY - 1002
1975

(16) Computerized P.M. and System Decreases Dispatcher Duties and Increases
Hard Care Savings
George Mack - Western Eletric
Maintenance Engineering
June/1975 - pp 28 a 30

(17) 3º Seminário Brasileiro sobre Garantia da Qualidade na Manutenção
CETTA - Centro de Treinamento Técnico e Assessoria Ltda.
Salvador - Bahia - 1992

(18) Aplicación de Computadores Personales en la administración del mantención
Juan Rayo C. - Jefe Dep.Mantenimiento General - ARMCO Chile S.A.
Revista de Mantenimiento - Nº 2
dic 1990/ene/feb/91 pp 7 a 10

(19) Progiciels de maintenance - les grandes tendances
Edmond Kloeckner
Maintenance & entreprise
Nº 455 - octobre/92 pp 33 a 64

(20) "Best of the Best" study
A.T. Kearney im conjunctiom with Industry Week magazine - 1990

(21) Software de Manutenção: uma panacéia e seus males
Revista Manutenção - ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção
Nº 36 - maio/junho/92 pp 16 a 21

(22) Seleção de Softwares de Manutenção
Lourival Augusto Tavares
Revista “Nova Manutenção y Qualidade
Nº 25 - 1999 - pp 13 e 14

(23) ABNT - TB-116
Confiabilidade de Equipamentos e Componentes Eletrônicos
Termos Básicos e Definições - 1975

(24) ABNT - TB-19 Grupo 05
Termos Fundamentais de Eletricidade - 1971

(25) Dicionário Brasileiro de Eletricidade
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
COBEI - Comitê Brasileiro de Eletricidade - 1986

(26) Comitê Panamericano de Engenharia de Manutenção
UPADI - Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros
www.mantener.com

(27) Novo Dicionário da Língua Portuguesa
Aurelio Buarque de Holanda
Editora Nova Fronteira - 1a. edição, 2a. impressão pp 889 e 1148 - 1975

(28) Novo Dicionário Brasileiro Melhoramentos
Adalberto Prado e Silva, José Curado, Theodoro Henrique Maurer Jr., Ary Tupinambá Pereira
Companhia Melhoramentos de São Paulo - 1969

(29) Generating Station Maintenance
Commonwealth Edison Company - Chicago
Frank Blake, Richard E. Vanderway, Haward Glefke
January - 1974

(30) I Seminário de Manutenção Metro-Ferroviária
Manutenção Preventiva "Versus" Manutenção Corretiva
Eduardo de Santana Seixas
Rio de Janeiro - 1986

(31) Manutenção - Conceitos Básicos
Haroldo Rittmeister
17a. Mesa Redonda de Manutenção - IBP
Cabo Frio - 1975

(32) Terceirização, quarterização e parceria
Laura de Barros
10º Congresso Brasileiro de Manutenção
ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção
Rio de Janeiro - Out/95

(33) Terceirização
Jerônimo Souto Leiria
Sagra-DC Luzzatto - 5ª Edição - 1992

(34) Terceirização na manutenção
Carlos de Souza Almeida
Curso de especialização em Engenharia de Manutenção (pós graduação Lato Sensu)
Escola de Engenharia da UFRJ / Comitê UPADI de Engenharia de Manutenção
Revisão 1999

(35) Documento Nacional
14º Congresso Brasileiro de Manutenção
ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção
Foz do Iguaçu - Set/99

(36) A manutenção industrial no Brasil
Revista Manutenção nº zero
ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção
Setembro/85

(37) A parceria na terceirização
Ronete Loureiro Vianna
3º Seminário brasileiro sobre garantia da qualidade na manutenção
CETTA - Salvador - Mai/92

(38) TPM - Total productive maintenance ou "quebra zero"
Prof. Seiichi Nakajima
III Seminário Internacional de TPM
IMC Internacional - São Paulo - 1987

(39) Programa de desarrollo del TPM - Implantación del mantenimiento productivo total
Prof. Seiichi Nakajima
Tecnologia de Gerencia y Producción S.A. - 1991

(40) Curso de TPM
Thanus Almeida Saliba
P & H Consultoria Ltda. - 1999

(41) 5S - Um roteiro para uma implantação bem sucedida
Haroldo Ribeiro
Casa da Qualidade - Salvador - 4ª edição - 1994

(42) Excelência na Manutenção
Lourival Augusto Tavares
Casa da Qualidade Editora - 2a. Edição - 1996

(43) Qualidade e Manutenção - TPM
Nelson Cabral de Carvalho/Rogério Arcuri Filho
Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Manutenção – Universidade Federal do Rio de Janeiro/Comitê UPADI de Engenharia de Manutenção
Módulo 7 - Qualidade e Manutenção - Revisão 1998

(44) TPM - Manutenção produtiva total - aplicação prática na refinaria da ALUMAR
Vanderlei de Oliveira Morais
8º Congresso Brasileiro de Manutenção
ABRAMAN - São Paulo - Out/93

(45) Total Quality Control - Seu manual
SENAI - CETIQT
Rio de Janeiro - Mar/93

(46) Apostila do curso de qualidade total para os servidores do HUCFF
Carlos de Souza Almeida e outros
Rio de Janeiro - Ago/95

(47) Qualidade - A revolução da administração
W. E. Deming
Editora Marques Saraiva - 1990

(48) Performance para la calidad
Capacitación del Picadero S.A.
Buenos Aires - Argentina

(49) ISO 9000: Avacalhação ou coisa séria ?
Francesco De Cicco
Diretor Executivo do QSP - Centro Brasileiro da Qualidade, Segurança e Produtividade
Informe OSP - Nº 32 - Jul/95

(50) ISO 9000 x TQM - Um estudo comparativo
Luis Fernando Ewerton
3º Seminário Brasileiro Sobre Garantia da Qualidade
CETTA - Salvador - Mai/92

(51) MASP - Girando o PDCA corretamente
Silvio Miranda
Revista de Ensino de Engenharia - ABENGE
Nº 12 - Jul/95

(52) TQC - Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)
Vicente Falcone Campos
Editora Bloch - 3ª edição

(53) ISO 9000 - ¿Por qué y para qué de la certificación?
José A. Reyero - Lloyd's Register
4o Seminario Argentino de Mantenimiento Industrial - pp 87 - 97
5 y 6 de junio de 1997

(54) NBR ISO 9001
Sistemas da qualidade - Modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Dez/94

(55) NBR ISO 9002
Sistemas da qualidade - Modelo para garantia da qualidade em produção, instalação e serviços associados
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Dez/94

(56) NBR ISO 9000-2
Normas para gestão da qualidade e garantia da qualidade - parte 2
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Fev/94

(57) Otimizando custos de manutenção através de estratégias
Mckinsey & Company - 1994

(58) La mente del estratega
Kenichi Ohmae
McGraw-Hill - 1983

(59) Modernización de plantas industriales
Moises Saravia R.
4o Congreso Argentino de Mantenimiento - 1977